

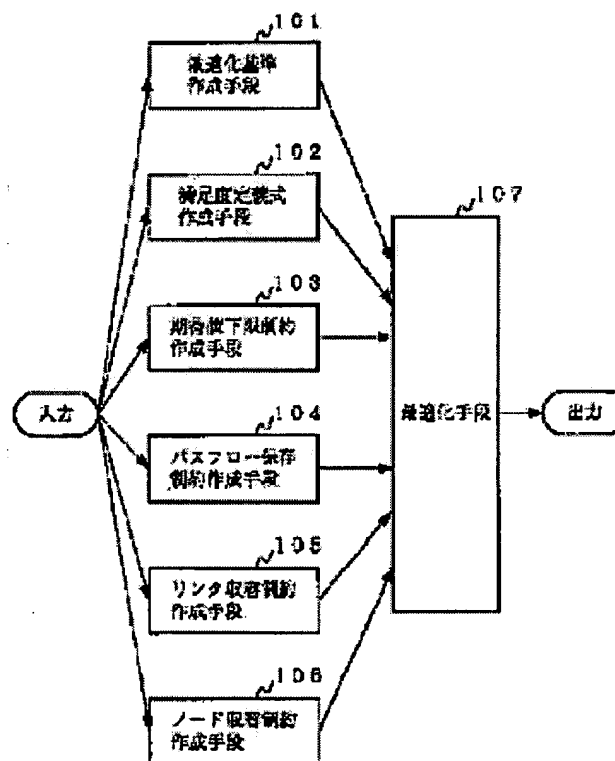
# COMMUNICATION NETWORK DESIGN CIRCUIT, ITS METHOD, AND STORAGE MEDIUM RECORDING PROGRAM AND READ BY MACHINE

**Patent number:** JP2000022750  
**Publication date:** 2000-01-21  
**Inventor:** SAITO HIROYUKI  
**Applicant:** NIPPON ELECTRIC CO  
**Classification:**  
 - international: H04L12/56; G06F17/50; H04L12/24; H04L12/26;  
 H04M3/00; H04Q3/00  
 - european:  
**Application number:** JP19980199619 19980630  
**Priority number(s):** JP19980199619 19980630

Report a data error here

## Abstract of JP2000022750

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To design a link capacity and a node capacity of a communication network on the premises that a traffic demand is fluctuated. **SOLUTION:** In order to represent fluctuation in a traffic pattern, a demand is given as a random variable. In order to handle a capacity according to the probability distribution as a mathematical programming problem, a satisfaction sale definition equation generating means 102 that defines a satisfaction degree for a request capacity of a demand pair and an expected value lower limit constraint generating means 103 that decides a lower limit of the expected value of the satisfaction degree are provided. Moreover, an optimizing reference generating means 101 that generates an object function to minimize the cost, and a path flow storage constraint generating means 104, a link allocation constraint generating means 105 and a node allocation constraint generating means 106 that generate constraint equations to obtain a link capacity and a node capacity are provided. In addition, an optimizing means 107 is provided to solve the mathematical programming problems generated by each means above.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-22750

(P2000-22750A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 4 L 12/56		H 0 4 L 11/20	1 0 2 E 5 B 0 4 6
G 0 6 F 17/50		H 0 4 M 3/00	Z 5 K 0 3 0
H 0 4 L 12/24		H 0 4 Q 3/00	5 K 0 5 1
12/26		G 0 6 F 15/60	6 5 0 A 9 A 0 0 1
H 0 4 M 3/00		H 0 4 L 11/08	

審査請求 有 請求項の数78 F D (全 66 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-199619

(22) 出願日 平成10年6月30日 (1998.6.30)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 斎藤 博幸

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100088959

弁理士 境 廣巳

Fターム (参考) 5B046 AA01 BA03 JA07

5K030 GA19 HA08 LC09

5K051 AA10 CC00 EE01

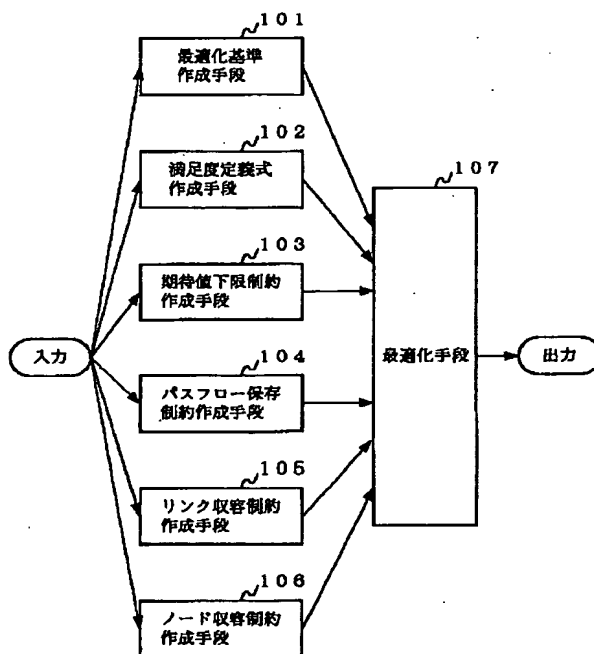
9A001 GZ05 GZ06 HH35

(54) 【発明の名称】 通信ネットワーク設計回路及びその方法並びにプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 トラフィックデマンドが変動することを前提として通信ネットワークのリンク容量、ノード容量を設計する。

【解決手段】 トラフィックパターンの変動を表すために、デマンドを確率変数として与える。そして、この確率分布に従う容量を数理計画問題として扱うために、デマンドペアの要求容量に対する満足度を定義する満足度定義式作成手段102と、満足度の期待値の下限を定める期待値下限制約作成手段103を有する。更に、コスト最小化のための目的関数を作成する最適化基準作成手段101と、リンク容量およびノード容量を求める制約式を作成するために、パスフロー保存制約作成手段104、リンク収容制約作成手段105、ノード収容制約作成手段106を有する。加えて、前記各手段により作成された数理計画問題を解くための最適化手段107を有する。



Best Available Copy

**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

確率分布に従うデマンドペアの要求容量に対する満足度を定義するための制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記満足度の期待値の下限を定めるための制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

前記デマンドペアの要求容量をパスにフローとして分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

前記パスフローを前記リンクに収容するための制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

前記パスフローを前記ノードに収容するための制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項 2】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作

成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各バスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項 3】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各バスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項4】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、  
デマンドペアごとに、各シナリオにおいて、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいと等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいと等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項5】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、  
各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合

は0をとる満足度を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいと等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいと等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項6】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいと等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいと等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段

と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項7】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項8】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項9】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項10】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項11】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項12】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、各シナリオにおいて、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項13】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各

々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項14】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々ネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約

式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項15】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項16】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、各シナリオにおいて、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項17】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成する期待値下限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害と



いった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、各々のネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項18】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、満足度の期待値を最大化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、確率分布に従うデマンドペアの要求容量に対する満足度を定義するための制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記リンク及び前記ノードに関するコストの上限を定めるための制約式を作成するコスト上限制約作成手段と、前記デマンドペアの要求容量をパスにフローとして分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

前記パスフローを前記リンクに収容するための制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

前記パスフローを前記ノードに収容するための制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項19】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリン

ク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するコスト上限制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項20】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するコスト上限制

約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項 21】 ノードと、ノード間を接続するリンクから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するコスト上限制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有すること

を特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項 22】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合は 0 をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するコスト上限制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項 23】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デ

マンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するコスト上限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項24】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はQをとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するコスト上限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各

々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項25】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するコスト上限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約

式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項26】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計回路であって、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成する最適化基準作成手段と、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成する満足度定義式作成手段と、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するコスト上限制約作成手段と、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するパスフロー保存制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するリンク収容制約作成手段と、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するノード収容制約作成手段と、

前記各手段より作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定する最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項27】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計

する通信ネットワーク設計方法であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、

前記デマンドペアの確率分布に従う要求容量に対する満足度を定義するための制約式を作成するステップと、

前記満足度の期待値の下限を定めるための制約式を作成するステップと、

前記デマンドペアの要求容量をパスにフローとして分配するための制約式を作成するステップと、

前記パスフローを前記リンクに収容するための制約式を作成するステップと、前記パスフローを前記ノードに収容するための制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項28】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 29】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成するステップと、デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 30】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、デマンドペアごとに、各シナリオにおいて、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合は 0 をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステッ

プと、前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 31】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合は 0 をとる満足度を定義する制約式を作成するステップと、デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 3 2】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 3 3】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合は 0 をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リ

はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成するステップと、デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 3 4】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合は 0 をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リ

リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 35】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合は 0 をとる満足度を定義する制約式を作成するステップと、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各バスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいと等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいと等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 36】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオ

の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の 1 つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各バスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいと等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいと等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 37】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成するステップと、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の 1 つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各バスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいと等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフロー

およびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項38】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、各シナリオにおいて、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するステップと、前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項39】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計

する通信ネットワーク設計方法であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義する制約式を作成するステップと、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するステップと、各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するステップと、前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項40】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を



シナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々ネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項41】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成するステップと、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々のネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項42】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデ

マンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、各シナリオにおいて、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々のネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項43】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合

は0をとる満足度を定義する制約式を作成するステップと、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各バスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々のネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項44】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、満足度の期待値を最大化するための目的関数を作成するステップと、

確率分布に従うデマンドペアの要求容量に対する満足度を定義するための制約式を作成するステップと、

前記リンク及び前記ノードに関するコストの上限を定めるための制約式を作成するステップと、

前記デマンドペアの要求容量をバスにフローとして分配するための制約式を作成するステップと、

前記パスフローを前記リンクに収容するための制約式を作成するステップと、

前記パスフローを前記ノードに収容するための制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項45】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、も

う一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各バスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項46】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求さ

れた値以下であるという制約式を作成するステップと、  
各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 47】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 48】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデ

マンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合は 0 をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項 49】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を

定義する制約式を作成するステップと、  
前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するステップと、  
各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するステップと、  
各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、  
各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、  
前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項50】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、  
満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成するステップと、  
各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するステップと、  
各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成するステップと、  
各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、  
各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、  
前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リ

ンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項51】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、  
満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するステップと、  
各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、  
各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成するステップと、  
前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項52】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークを設計する通信ネットワーク設計方法であって、  
満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成するステップと、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成するステップと、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成するステップと、各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成するステップと、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成するステップと、

前記各ステップより作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定するステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項53】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

前記デマンドペアの確率分布に従う要求容量に対する満足度を定義するための制約式を作成させ、

前記満足度の期待値の下限を定めるための制約式を作成させ、前記デマンドペアの要求容量をパスにフローとして分配するための制約式を作成させ、

前記パスフローを前記リンクに収容するための制約式を作成させ、

前記パスフローを前記ノードに収容するための制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラ

ムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項54】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項55】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化する

ための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成させ、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項56】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

デマンドペアごとに、各シナリオにおいて、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか

等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項57】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義する制約式を作成させ、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項58】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、  
 前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、  
 各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、  
 前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、  
 各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、  
 各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、  
 各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、  
 これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。  
 【請求項59】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、  
 前記コンピュータに、  
 前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、  
 各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成させ、  
 デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、  
 各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、  
 各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、  
 これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。  
 【請求項60】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、  
 前記コンピュータに、  
 前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、  
 各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、  
 前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、  
 各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、  
 各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、  
 各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、  
 これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。  
 【請求項61】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードお

よびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義する制約式を作成させ、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が等しいか大きいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が等しいか大きいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項62】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項63】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成させ、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノード



ドの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項64】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、各シナリオにおいて、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項65】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義する制約式を作成させ、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項66】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を

シナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々ネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項67】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義する制約式を作成させ、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項68】 ノードと、ノード間を接続するリンク

とから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、デマンドペアごとに、各シナリオにおいて、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記満足度の最小値から求めた期待値が予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項69】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

前記リンク及び前記ノードに関するコストを最小化する

ための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義する制約式を作成させ、

デマンドペアごとに求めた前記満足度の期待値が各々予め要求された値以上であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項70】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

満足度の期待値を最大化するための目的関数を作成させ、

確率分布に従うデマンドペアの要求容量に対する満足度を定義するための制約式を作成させ、

前記リンク及び前記ノードに関するコストの上限を定めるための制約式を作成させ、

前記デマンドペアの要求容量をパスにフローとして分配するための制約式を作成させ、

前記パスフローを前記リンクに収容するための制約式を作成させ、

前記パスフローを前記ノードに収容するための制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラ

ムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項71】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項72】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目

的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項73】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成

させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項74】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項75】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリン

ク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項76】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合は0をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計を各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオおよびネットワークの状態において、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項77】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の1組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、

前記コンピュータに、

満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は1をとり、そうでない場合はパスフローの合計を要求容量で割った値をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、

前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成させ、

各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の1つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項 78】 ノードと、ノード間を接続するリンクとから構成され、任意の 1 組のノードより定義されるデマンドペアに要求容量が与えられ、該デマンドペアの要求容量が、前記デマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより定義されるパスにフローとして流され、さらに、前記パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、前記パスフローを収容するためにノードはノード容量を具備するネットワークをコンピュータによって設計するためのネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体であって、前記コンピュータに、満足度の最小値から求めた期待値を最大化するための目的関数を作成させ、

各デマンドペアの要求容量が確率分布に従うときの各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオの各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計が要求容量を上回る場合は 1 をとり、そうでない場合は 0 をとる満足度を定義し、さらに各シナリオにおける満足度の最小値を定義する制約式を作成させ、前記リンク及び前記ノードに関するコストが予め要求された値以下であるという制約式を作成させ、各々のシナリオおよび、各リンクの正常もしくは障害といった状態の 1 つの実現であるネットワークの状態の各々において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しない各パスに分配するための制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、リンクを通るパスフローの合計よりリンク容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

各々のシナリオにおいて、ノードで終端するパスフローおよびリンクの容量の合計よりノード容量が大きいとか等しいという制約式を作成させ、

これら作成された前記目的関数および前記制約式より構成される数理計画問題を解くことで前記リンク及びノードの容量を決定させる処理を実行させるためのプログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は通信ネットワーク設計回路および通信ネットワークの設計方法および通信ネットワークの設計用プログラムを記録した記録媒体に関し、特にデマンド変動およびネットワーク障害に対応した通信ネットワーク設計方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の通信ネットワーク設計方

法においては、与えられたある特定のデマンドに対して線形計画法を用いてパス及びリンクの容量を設計する方法がある。この方法については、例えば「Restoration Strategies and Spare Capacity Requirements in Self-Healing ATM Networks」(Yijun Xiong and Lorne Mason, Infocom'97, April 1997)に記載された方法がある。ここで、線形計画法とは線形の等式及び不等式系の条件の下で線形の目標関数の極値を求める問題の取扱い法を指す。

【0003】図31は従来の通信ネットワーク設計法の一例を示すブロック図である。この設計法は想定したリンク障害時にも通信が保てるように夫々の障害状態毎の夫々のデマンドのパスを設定し、また障害時にそれらのパスを収容できるようにリンクの容量を設計している。

【0004】入力としてはネットワークのトポロジーと、デマンドと、リンクのコスト係数と、想定する障害状態とが与えられる。この入力を与えられると、最適化基準作成手段3001はリンクに関するコストの最小化の目的関数を作成する。また、パス収容条件作成手段3002はパス候補に割り当てる容量の総和がデマンドの要求容量に等しいという制約式を作成する。

【0005】リンク収容条件作成手段3003は各状態において各リンクを通るパスに流す容量の合計よりそのリンクの容量が大きいという制約式を作成する。続いて、最適化手段3004は最適化基準作成手段3001とパス収容条件作成手段3002とリンク収容条件作成手段3003とによって作成された線形計画問題を解き、パス及びリンクの容量を定める。尚、線形計画問題は一般に、いくつかの線形等式あるいは不等式で表された制約条件下で、1 次式で表された目的関数を最大化もしくは最小化する問題を示す。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の通信ネットワーク設計方法では、「与えられた確定的なデマンドパターンに対してのみ最適設計をしている」という問題がある。ここで、デマンドパターンとはすべてのノード間に要求されるデマンドの集合を表している。

【0007】与えられた確定的なデマンドパターンに対して数理計画法を用いて最適化しているので、そのデマンドパターンを収容できることを保証した上でコスト最小となる最適なネットワークを設計している。よって、そのデマンドパターンとは違うパターンに対しては何ら保証したものでない。

【0008】しかしながら、実際の通信ネットワークにおいては、デマンドパターンが時間帯、曜日、季節等によって異なり、イベント等によって変化する。季節、曜日、時間帯が同じだとしても全く同じデマンドパターンになるとは考えにくい。さらに、新しい通信サービスの普及や新技術の導入等によってデマンドパターンが大きく変化することもあり得る。従来の電話網中心のネット

ワークにおいては、ある程度デマンドの予想が可能であったが、近年のマルチメディアネットワークではデマンドの予測が非常に困難になってきている。

【0009】そこで、本発明の目的は上記の問題点を解消し、デマンドパターンがある程度変化してもそれらのトラフィックを収容することができる通信ネットワークを設計できるようにすることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】様々なデマンドパターンに対応するために、デマンドペアの要求容量を確率分布に従うものとして与える。そしてこの確率分布に従う要求容量を数理計画問題として扱うためにデマンドペアの要求容量に対する満足度を定義する満足度定義式作成手段（図1の102）と、満足度の期待値の下限を定める期待値下限制約作成手段（図1の103）とを有する。また、デマンドペアの要求容量に対する満足度を定義する満足度定義式作成手段（図20の2002）、満足度の期待値を最大化する目的関数を作成する最適化基準作成手段（図20の2001）、さらにコストの上限を規定するコスト上限制約作成手段（図20の2003）を備えている。

【0011】

【作用】満足度定義式作成手段は、各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオごとに満足度を定義する。さらに期待値下限制約作成手段は、この満足度の期待値を求め、その下限を与える。

【0012】また、満足度定義式作成手段は、各デマンドペアの要求容量の値の一つの実現であるシナリオごとに満足度を定義し、さらに最適化基準作成手段で、この満足度の期待値を最大化する目的関数を作成する。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0014】図1は本発明の第1の実施の形態における通信ネットワーク設計回路の構成例を示すブロック図である。最適化基準作成手段101、満足度定義式作成手段102、期待値下限制約作成手段103、パスフロー保存制約作成手段104、リンク収容制約作成手段105、ノード収容制約作成手段106、最適化手段107から構成される。

【0015】図2は本発明の第1の実施の形態において設計するネットワークの一例を示す。ネットワークはノード201～205とリンク206～212より構成される。トラフィックデマンドのある1組のノードをデマンドペアと呼び、また、そのトラフィックデマンドの容量を要求容量と呼ぶとする。その要求容量がデマンドペアの一方のノードを始点、もう一方のノードを終点として、任意の連続したノードおよびリンクより構成されるパスにフローとして流れる。例えば、図2においては、デマンドペアがノード201とノード203とによって形成され、このデマンドペアの要求容量は、パス213～パス217の任

意のパスにフローが流れる。さらに、パスフローを収容するためにリンクはリンク容量を具備し、さらに、パスフローおよびリンク容量を収容するためにノードはノード容量を具備する。

【0016】続いて第1の実施の形態の説明で用いる記号について説明する。

【0017】まず、デマンドペアの要求容量に関する確率変数とパスに関する変数を説明する。デマンドペア $p$ の要求容量を確率変数 $v_p$ と定義する。また、 $v_1, v_2, \dots, v_p$ の全標本空間を $\Omega$ と定義する。 $\Omega$ の要素 $\omega$ は各デマンドペアの要求容量の値の1つの実現を表しており、言い替えるとシナリオと呼ぶことができる。要素 $\omega$ としては、例えば、曜日、時間帯等が考えられる。なお、以後の説明では $\omega$ をシナリオと呼ぶ。 $v_p$ はシナリオ $\omega \in \Omega$ の関数であるため、この関係を明確に示すために $v_p(\omega)$ と表現する。

【0018】続いて、デマンドペア $p$ のパス候補を $i_p$ と定義する。図2でいえばパス213～217がパス候補に該当する。第1の実施の形態においてはパス候補 $i_p$ に流すフローを表す変数は $\omega \in \Omega$ の関数 $c_{ip}(\omega)$ として表現される。今説明した $v_p(\omega)$ 、 $c_{ip}(\omega)$ も含めて記号を以下にまとめる。

【0019】・ $N$ ：ノード集合。各要素を $n$ で表す。

・ $L$ ：リンク集合。各要素を $l$ で表す。

・ $L(n)$ ：ノード $n$ を通るリンクの集合。

・ $P$ ：デマンドペアの集合。各要素を $p$ で表す。

・ $P(n)$ ：ノード $n$ を始端もしくは終端とするデマンドペアの集合。

・ $p(\omega)$ ：事象 $\omega$ が発生する確率。

・ $I_p$ ：デマンドペア $p$ のパス候補集合。各要素を $i_p$ で表す。

・ $I_p(l)$ ：リンク $l$ を通るデマンドペア $p$ のパス候補集合。

・ $\Omega$ ：デマンドペアの要求容量 $v_1, v_2, \dots, v_p$ が定義される標本空間。各要素を $\omega$ として表す。

・ $w_l$ ：リンク $l$ のコスト係数。

・ $\varepsilon$ ：ノードのコスト係数。

・ $\lambda$ ：リンク1ユニットの容量。

・ $\nu$ ：ノード1ユニットの容量。

・ $v_p(\omega)$ ：デマンドペア $p$ の要求容量。確率変数。

・ $\alpha$ ：満足度の期待値の下限。

・ $c_{ip}(\omega)$ ：シナリオ $\omega$ において、デマンドペア $p$ のパス候補 $i_p$ に割り当てるフロー。変数。

・ $f_p(\omega)$ ：シナリオ $\omega$ において、デマンドペア $p$ がパスに流すフローの合計。

・ $d_l$ ：リンク $l$ に割り当てるユニット数。変数。

・ $e_n$ ：ノード $n$ に割り当てるユニット数。変数。

【0020】図3は本発明の第1の実施の形態における通信ネットワーク設計方法を示すフローチャートであり、図4は本発明の第1の実施の形態における通信ネッ

トワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。尚、図3及び図4に示す処理は本発明の第1の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0021】まず、入力データとして、ネットワークの

$$\text{Minimize } \sum_{l \in L} w_l d_l + \varepsilon \sum_{n \in N} e_n$$

... (1)

【0024】式(1)は、リンクに関するコストとノードに関するコストの最小化を意味する。

【0025】満足度定義式作成手段102では満足度を定義する次の制約式(2)、(3)を作成する(図3のステップ

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \theta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (2)

【0027】

$$\theta_p(\omega) \leq 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (3)

【0028】式(2)、(3)は、次式(4)と同義である。

【数4】

【0029】

$$\theta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ f_p(\omega)/v_p(\omega) & \text{otherwise} \end{cases}$$

... (4)

【0030】続いて、各シナリオの満足度 $\theta^{\min}(\omega)$ を次式(5)のように定義する。

【0031】

【数5】

$$\theta_p(\omega) \geq \theta^{\min}(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (5)

【0032】期待値下限制約作成手段103は、全シナリオを通して求められる満足度の期待値の下限を定める次の制約式(6)を作成する(図3のステップ303、図4の

ステップ403)。

【0033】

【数6】

$$\sum_{\omega \in \Omega} p(\omega) \theta^{\min}(\omega) \geq \alpha$$

... (6)

【0034】パスフロー保存制約作成手段104は、すべてのシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をパスに分配するための次の制約式(7)を作成

する(図3のステップ304、図4のステップ404)。

【0035】

【数7】

トポロジー、デマンドペアの要求容量(確率変数)、それぞれのデマンドペアのパス候補、リンク/ノードのコスト係数、満足度の期待値の下限を与える。

【0022】与えられたデータを元に最適化基準作成手段101では次式(1)に示す目的関数を作成する(図3のステップ301、図4のステップ401)。

【0023】

【数1】



$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (7)$$

【0036】リンク収容制約作成手段105 は、パスフローをリンクに収容するための次の制約式(8)を作成する(図3のステップ305、図4のステップ405)。

【0037】  
【数8】

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p}(\omega) \leq \lambda d_l \quad (\forall l \in L, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (8)$$

【0038】ノード収容制約作成手段106 はパスフローおよびリンクの終端容量をノードに収容するための次の制約式(9)を作成する(図3のステップ306、図4のステップ406)。

【0039】  
【数9】

$$\sum_{l \in L^{(n)}} d_l + \sum_{p \in P^{(n)}} f_p(\omega)/\lambda \leq \nu e_n \quad (\forall n \in N, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (9)$$

【0040】目的関数(1) および制約式(2)、(3)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)より数理計画問題が構成される。最適化手段107においてこの数理計画問題を解き、各リンクの容量およびノードの容量を得る(図3のステップ307、図4のステップ407)。

【0041】図5は本発明の第2実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図5を参照して本発明の第2の実施の形態を説明する。尚、図5に示す処理は本発明の第2の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0042】ここで、第2の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は第1の実施の形態と同様である。

【0043】本実施の形態において、満足度定義式作成手段102 および期待値下限制約作成手段103を除いた各手段の動作は第1の実施の形態と等しいため説明を省略し、満足度定義式作成手段102 および期待値下限制約作成手段103のみ説明する。

【0044】満足度定義式作成手段102では満足度を定義する次の制約式(10)、(11)を作成する(図5のステップ502)。

【0045】  
【数10】

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \theta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (10)$$

【0046】

【数11】

$$\theta_p(\omega) \leq 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (11)$$

【0047】式(10)、(11)は、次式(12)と同義である。

【数12】

【0048】

$$\theta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ f_p(\omega)/v_p(\omega) & \text{otherwise} \end{cases}$$

... (12)

【0049】期待値下限制約作成手段103 はデマンドペアごとの満足度の期待値の下限を定める次の制約式(13)を作成する(図5のステップ503)。

【0050】

【数13】

$$\sum_{\omega \in \Omega} p(\omega) \theta_p(\omega) \geq \alpha \quad (\forall p \in P)$$

... (13)

【0051】図6は本発明の第3の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図6を参照して本発明の第3の実施の形態を説明する。尚、図6に示す処理は本発明の第3の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0052】ここで、第3の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は満足度に $\delta$ を用いる以外は第1の

実施の形態と同様である。 $\delta$ については後に説明する。

【0053】本実施の形態において、満足度定義式作成手段102 および期待値下限制約作成手段103 を除いた各手段の動作は第1の実施の形態と等しいため説明を省略し、満足度定義式作成手段102 および期待値下限制約作成手段103 のみ説明する。

【0054】満足度定義式作成手段102 では満足度を定義する次の制約式(14)、(15)を作成する(図6のステップ602)。まず、各シナリオにおけるデマンドペアごとの満足度 $\delta_p(\omega)$ を定義する。

【0055】

【数14】

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \delta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (14)

【0056】

【数15】

$$\delta_p(\omega) = 0 \text{ or } 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (15)

【0057】式(14)、(15)は、次式(16)と同義である。

【数16】

【0058】

$$\delta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

... (16)

【0059】続いて、各シナリオの満足度 $\delta^{\min}(\omega)$ を次式(17)に示すように定義する。

【0060】

【数17】

$$\delta_p(\omega) \geq \delta^{\min}(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (17)

【0061】期待値下限制約作成手段103 は全シナリオを通して求められる満足度の期待値の下限を定める次の

制約式を作成する(図6のステップ603)。

【0062】

【数18】

$$\sum_{\omega \in \Omega} p(\omega) \delta^{\min}(\omega) \geq \alpha$$

... (18)

【0063】図7は本発明の第4の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理の形態を示すフローチャートである。この図7を参照して本発明の第4の実施の形態を説明する。尚、図7に示す処理は本発明の第4の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0064】ここで、第4の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は第3の実施の形態と同様である。

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \delta_p(\omega)$$

【0065】本実施の形態において、満足度定義式作成手段102 および期待値下限制約作成手段103を除いた各手段の動作は第3の実施の形態と等しいため説明を省略し、満足度定義式作成手段102 および期待値下限制約作成手段103のみ説明する。

【0066】満足度定義式作成手段102では満足度を定義する次の制約式を作成する(図7のステップ702)。先ず、各シナリオにおけるデマンドペアごとの満足度 $\delta_p(\omega)$ を定義する。

【0067】

【数19】

$$(\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (19)

【0068】

$$\delta_p(\omega) = 0 \text{ or } 1$$

【数20】

$$(\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (20)

【0069】式(19)、(20)は、次式(21)と同義である。

【数21】

【0070】

$$\delta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

... (21)

【0071】期待値下限制約作成手段103は各デマンドペアの満足度の期待値の下限を定める次の制約式(22)を作成する(図7のステップ703)。

【0072】

【数22】

$$\sum_{\omega \in \Omega} p(\omega) \delta_p(\omega) \geq \alpha \quad (\forall p \in P)$$

... (22)

【0073】図8は本発明の第5の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図8を参照して本発明の第5の実施の形態を説明する。尚、図8に示す処理は本発明の第5の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0074】ここで、第5の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第1の実施の形態と同様である。

【0075】・ $c_{ip}$ : パス候補 $i_p$ に流すフローを表す変数を $\omega \in \Omega$ に依存しない変数 $c_{ip}$ として定義する。

【0076】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105を除いた各手段の動作は第1の実施の形態と等しいため説明

を省略し、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105 のみ説明する。

【0077】パスフロー保存制約作成手段104 は、すべてのシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフロ

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p} \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (23)

【0079】リンク収容制約作成手段105 は、パスフローをリンクに収容するための次の制約式(24)を作成する(図8のステップ805)。

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p} \leq \lambda d_l \quad (\forall l \in L)$$

... (24)

【0081】図9は本発明の第6の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図9を参照して本発明の第6の実施の形態を説明する。尚、図9に示す処理は本発明の第6の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0082】ここで、第6の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、本実施の形態におい

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p} \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (25)

【0085】リンク収容制約作成手段105 はパスフローをリンクに収容するための次の制約式(26)を作成する(図9のステップ905)。

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p} \leq \lambda d_l \quad (\forall l \in L)$$

... (26)

【0087】図10は本発明の第7の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図10を参照して本発明の第7の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0088】ここで、第7の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態

の合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(23)を作成する(図8のステップ804)。

【0078】

【数23】

【0080】

【数24】

て、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105 を除いた各手段の動作は第2の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105 のみ説明する。

【0083】パスフロー保存制約作成手段104 はすべてのシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(25)を作成する(図9のステップ904)。

【0084】

【数25】

【0086】

【数26】

の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第3の実施の形態と同様である。

【0089】・ $c_{ip}$ : パス候補 $i_p$ に流すフローを表す変数を $\omega \in \Omega$ に依存しない変数 $c_{ip}$ として定義する。

【0090】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105 を除いた各手段の動作は第3の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105 のみ説明する。

【0091】パスフロー保存制約作成手段104 は、すべてのシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフロ

一の合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(27)を作成する(図10のステップ1004)

【0092】  
【数27】

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p} \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (27)$$

【0093】リンク収容制約作成手段105は、パスフローをリンクに収容するための次の制約式(28)を作成する(図10のステップ1005)。

【0094】  
【数28】

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p} \leq \lambda d_l \quad (\forall l \in L) \quad \dots (28)$$

【0095】図11は本発明の第8の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理の形態を示すフローチャートである。この図11を参照して本発明の第8の実施の形態を説明する。尚、図11に示す処理は本発明の第8の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0096】ここで、第8の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第4の実施の形態と同様である。

【0097】・ $c_{ip}$ : パス候補 $i_p$ に流すフローを表す

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p} \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (29)$$

【0101】リンク収容制約作成手段105はパスフローをリンクに収容するための次の制約式(30)を作成する(図11のステップ1105)。

【0102】  
【数30】

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p} \leq \lambda d_l \quad (\forall l \in L) \quad \dots (30)$$

【0103】図12は本発明の第9の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図12を参照して本発明の第9の実施の形態を説明する。尚、図12に示す処理は本発明の第9の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

変数を $\omega \in \Omega$ に依存しない変数 $c_{ip}$ として定義する。

【0098】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段104およびリンク収容制約作成手段105を除いた各手段の動作は第4の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段104およびリンク収容制約作成手段105のみ説明する。

【0099】パスフロー保存制約作成手段104は、すべてのシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(29)を作成する(図11のステップ1104)。

【0100】  
【数29】

【0104】ここで、第9の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様である。続いて第9の実施の形態の説明で用いる記号について説明する。

【0105】まず、デマンドペアの要求容量に関する確率変数と、パスに関する変数とを説明する。デマンドペア $p$ の要求容量を確率変数 $v_p$ と定義する。また、 $v_1, v_2, \dots, v_P$ の全標本空間を $\Omega$ と定義する。 $\Omega$ の要素 $\omega$ は各デマンドペアの要求容量の値の1つの実現を表しており、言い替えるとシナリオと呼ぶことができる。要素

$\omega$ としては、例えば、曜日、時間帯等が考えられる。なお、以後の説明では $\omega$ をシナリオと呼ぶ。 $v_p$ はシナリオ $\omega \in \Omega$ の関数であるため、この関係を明確に示すために $v_p(\omega)$ と表現する。

【0106】また、ネットワークの上の各リンクが障害であるか正常であるかにより表される状態（もしくはネットワーク状態）を定義し、これを記号 $\xi \in \Xi$ で表す。

【0107】続いて、デマンドペア $p$ のパス候補 $i_p$ と定義する。第9の実施の形態においてはパス候補 $i_p$ に流すフローを表す変数は $\omega \in \Omega$ および $\xi \in \Xi$ の関数 $c_{ip}(\omega, \xi)$ として表現される。

【0108】ここで説明した $v_p(\omega)$ 、 $c_{ip}(\omega, \xi)$ も含めて記号を以下にまとめる。

- 【0109】・ $N$ ：ノード集合。各要素を $n$ で表す。
- ・ $L$ ：リンク集合。各要素を $l$ で表す。
- ・ $L(n)$ ：ノード $n$ を通るリンクの集合。
- ・ $P$ ：デマンドペアの集合。各要素を $p$ で表す。
- ・ $P(n)$ ：ノード $n$ を始端もしくは終端とするデマンドペアの集合。
- ・ $p(\omega)$ ：事象 $\omega$ が発生する確率。
- ・ $I_p$ ：デマンドペア $p$ のパス候補集合。各要素を $i_p$ で表す。
- ・ $I_p(l)$ ：リンク $l$ を通るデマンドペア $p$ のパス候補集合。
- ・ $\Omega$ ：デマンドの要求容量 $v_1, v_2, \dots, v_p$ が定義される標本空間。各要素を $\omega$ として表す。

- ・ $\Xi$ ：ネットワーク状態の集合。各要素を $\xi$ で表す。
- ・ $w_l$ ：リンク $l$ のコスト係数。
- ・ $\varepsilon$ ：ノードのコスト係数。
- ・ $\lambda$ ：リンク1ユニットの容量。
- ・ $\nu$ ：ノード1ユニットの容量。
- ・ $t(l, \xi)$ ：リンク $l$ が状態 $\xi$ において正常な場合1をとり、障害の場合0をとる定数。
- ・ $v_p(\omega)$ ：デマンドペア $p$ の要求容量。確率変数。
- ・ $\alpha$ ：満足度の期待値の下限。
- ・ $c_{ip}(\omega, \xi)$ ：シナリオ $\omega$ 、状態 $\xi$ においてデマンドペア $p$ のパス候補 $i_p$ に割り当てるフロー。変数。
- ・ $f_p(\omega)$ ：シナリオ $\omega$ においてデマンドペア $p$ がパスフローに流す容量の合計。

・ $d_l$ ：リンク $l$ に割り当てるユニット数。変数。

・ $e_n$ ：ノード $n$ に割り当てるユニット数。変数。

【0110】まず、入力データとして、ネットワークのトポロジー、デマンドペアの要求容量（確率変数）、それぞれのデマンドペアのパス候補、リンク／ノードのコスト係数、満足度の期待値の下限、想定するネットワーク状態が与える。

【0111】与えられたデータを元に最適化基準作成手段101では次の目的関数(31)を作成する（図12のステップ1201）。

【0112】

【数31】

$$\text{Minimize } \sum_{l \in L} w_l d_l + \varepsilon \sum_{n \in N} e_n \quad \dots (31)$$

【0113】満足度定義式作成手段102では満足度を定義する次の制約式(32)、(33)を作成する（図12のステップ1202）。まず、各シナリオにおけるデマンドペアごと

の満足度 $\theta_p(\omega)$ を定義する。

【0114】

【数32】

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \theta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (32)

【0115】

【数33】

$$\theta_p(\omega) \leq 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (33)

【0116】式(32)、(33)は、次式(34)と同義である。

【数34】

【0117】

$$\theta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ f_p(\omega)/v_p(\omega) & \text{otherwise} \end{cases}$$

... (34)

【0118】続いて、各シナリオの満足度 $\theta_{\min}(\omega)$

を定義する。

【0119】

【数35】

$$\theta_p(\omega) \geq \theta^{\min}(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (35)

【0120】期待値下限制約作成手段103は、全シナリオを通して求められる満足度の期待値の下限を定める次の制約式(36)を作成する(図12のステップ1203)。

【0121】

【数36】

$$\sum_{\omega \in \Omega} p(\omega) \theta^{\min}(\omega) \geq \alpha$$

... (36)

【0122】パスフロー保存制約作成手段104は、すべてのシナリオおよび状態において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をパス候補に分配するための次の

制約式(37)を作成する(図12のステップ1204)。

【0123】

【数37】

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\omega, \xi) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi)$$

... (37)

【0124】リンク収容制約作成手段105は、パスフローをリンクに収容するための次の制約式(38)を作成する(図12のステップ1205)。

【0125】

【数38】

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p}(\omega, \xi) \leq t(l\xi) \lambda d_l \quad (\forall l \in L, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi)$$

... (38)

【0126】ノード収容条件作成手段106は、パスフローおよびリンク容量をノードに収容するための次の制約式(39)を作成する(図12のステップ1206)。

【0127】

【数39】

$$\sum_{l \in L^{(n)}} d_l + \sum_{p \in P^{(n)}} f_p(\omega) / \lambda \leq \nu e_n \quad (\forall n \in N, \forall \omega \in \Omega)$$

... (39)

【0128】目的関数(31)および制約式(32), (33), (35), (36), (37), (38), (39)より数理計画問題が構成される。これを最適化手段107においてこの数理計画問題を解き、各リンクの容量およびノードの容量を得る(図12のステップ1207)。

【0129】図13は本発明の第10の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図13を参照して本発明の第10の実施の形態を説明する。尚、図13に示す処理は本発明の第10の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0130】ここで、第10の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は第9の実施の形態と同様である。

【0131】本実施の形態において、満足度定義式作成手段102および期待値下限制約作成手段103を除いた各手段の動作は第9の実施の形態と等しいため説明を省略し、満足度定義式作成手段102および期待値下限制約作成手段103のみ説明する。

【0132】満足度定義式作成手段102では満足度を定義する次の制約式(40), (41)を作成する(図13のステップ1302)。

【0133】

【数40】

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \theta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (40)$$

【0134】 【数41】

$$\theta_p(\omega) \leq 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (41)$$

【0135】式(40)、(41)は、次式(42)と同義である。 【数42】

【0136】

$$\theta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ f_p(\omega)/v_p(\omega) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots (42)$$

【0137】期待値下限制約作成手段103はデマンドペアごとの満足度の期待値の下限を定める次の制約式(43)を作成する(図13のステップ1303)。

【0138】 【数43】

$$\sum_{\omega \in \Omega} p(\omega) \theta_p(\omega) \geq \alpha \quad (\forall p \in P) \quad \dots (43)$$

【0139】図14は本発明の第11の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図14を参照して本発明の第11の実施の形態を説明する。尚、図14に示す処理は本発明の第11の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0140】ここで、第11の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は満足度に $\delta$ を用いる以外は第9の

実施の形態と同様である。 $\delta$ については後に説明する。

【0141】本実施の形態において、満足度定義式作成手段102および期待値下限制約作成手段103を除いた各手段の動作は第9の実施の形態と等しいため説明を省略し、満足度定義式作成手段102および期待値下限制約作成手段103のみ説明する。

【0142】満足度定義式作成手段102では満足度を定義する次の制約式(44)、(45)を作成する(図14のステップ1402)。まず、各シナリオにおけるデマンドペアごとの満足度 $\delta_p(\omega)$ を定義する。

【0143】

【数44】

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \delta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (44)$$

【0144】 【数45】

$$\delta_p(\omega) = 0 \text{ or } 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (45)$$

【0145】式(44)、(45)は、次式(46)と同義である。 【数46】

【0146】



$$\delta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

... (46)

【0147】続いて、各シナリオの満足度  $\delta^{\min}(\omega)$  を次式(47)に示すように定義する。

【0148】

【数47】

$$\delta_p(\omega) \geq \delta^{\min}(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (47)

【0149】期待値下限制約作成手段103は、全シナリオを通して求められる満足度の期待値の下限を定める次の制約式(48)を作成する(図14のステップ1403)。

【0150】

【数48】

$$\sum_{\omega \in \Omega} p(\omega) \delta^{\min}(\omega) \geq \alpha$$

... (48)

【0151】図15は本発明の第12の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理の形態を示すフローチャートである。この図15を参照して本発明の第12の実施の形態を説明する。尚、図15に示す処理は本発明の第12の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0152】ここで、第12の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は満足度に $\delta$ を用いる以外は第9の

実施の形態と同様である。 $\delta$ については後に説明する。

【0153】本実施の形態において、満足度定義式作成手段102および期待値下限制約作成手段103を除いた各手段の動作は第9の実施の形態と等しいため説明を省略し、満足度定義式作成手段102および期待値下限制約作成手段103のみ説明する。

【0154】満足度定義式作成手段102では満足度を定義する次の制約式を作成する(図15のステップ1502)各シナリオにおけるデマンドペアごとの満足度  $\delta_p(\omega)$  を定義する。

【0155】

【数49】

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \delta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (49)

【0156】

【数50】

$$\delta_p(\omega) = 0 \text{ or } 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (50)

【0157】式(49)、(50)は、次式(51)と同義である。

【数51】

【0158】

$$\delta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

... (51)

【0159】期待値下限制約作成手段103は、全シナリオに対して求められた満足度の期待値の下限を定める次の

の制約式(52)を作成する(図15のステップ1503)。

【0160】

【数52】

$$\sum_{\omega \in \Omega} p(\omega) \delta_p(\omega) \geq \alpha \quad (\forall p \in P) \quad \dots (52)$$

【0161】図16は本発明の第13の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図16を参照して本発明の第13の実施の形態を説明する。尚、図16に示す処理は本発明の第13の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。ここで、第13の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様である。また、本実施の形態の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第9の実施の形態と同様である。

【0162】・ $c_{ip}(\xi)$  : 状態 $\xi$ においてデマンドペ

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\xi) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi)$$

... (53)

【0166】リンク収容制約作成手段105 はパスフローをリンクに収容するための次の制約式(54)を作成する(図16のステップ1605)。

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p}(\xi) \leq t(l\xi) \lambda d_l \quad (\forall l \in L, \forall \xi \in \Xi)$$

... (54)

【0168】図17は本発明の第14の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図17を参照して本発明の第14の実施の形態を説明する。尚、図17に示す処理は本発明の第14の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0169】ここで、第14の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第10の実施の形態と同様である。

【0170】・ $c_{ip}(\xi)$  : パス候補 $i_p$ に流すフロー

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\xi) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi)$$

... (55)

【0174】リンク収容制約作成手段105 はパスフローをリンクに収容するための次の制約式(56)を作成する(図17のステップ1705)。

ア $p$ のパス候補 $i_p$ に割り当てるフロー。変数。

【0163】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105を除いた各手段の動作は第9の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105のみ説明する。

【0164】パスフロー保存制約作成手段104 は、すべてのシナリオおよび状態において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(53)を作成する(図16のステップ1604)。

【0165】

【数53】

【0167】

【数54】

を表す変数を $\omega \in \Omega$ に依存しない変数 $c_{ip}(\xi)$ として定義する。

【0171】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105を除いた各手段の動作は第10の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105のみ説明する。

【0172】パスフロー保存制約作成手段104 はすべてのシナリオおよび状態において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(55)を作成する(図17のステップ1704)。

【0173】

【数55】

【0175】

【数56】

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p}(\xi) \leq t(l\xi) \lambda d_l \quad (\forall l \in L, \forall \xi \in \Xi) \quad \dots (56)$$

【0176】図18は本発明の第15の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図18を参照して本発明の第15の実施の形態を説明する。尚、図18に示す処理は本発明の第15の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0177】ここで、第15の実施の形態の構成は本発明の第9の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第11の実施の形態と同様である。

【0178】・  $c_{ip}(\xi)$  : パス候補  $i_p$  に流すフロー

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\xi) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi)$$

... (57)

【0182】リンク収容制約作成手段105 はパスフローをリンクに収容するための次の制約式(58)を作成する(図18のステップ1405)。

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p}(\omega, \xi) \leq t(l\xi) \lambda d_l \quad (\forall l \in L, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi) \quad \dots (58)$$

【0184】図19は本発明の第16の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理の形態を示すフローチャートである。この図19を参照して本発明の第16の実施の形態を説明する。尚、図19に示す処理は本発明の第16の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0185】ここで、第16の実施の形態の構成は本発明の第1の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第12の実施の形態と同様である。

【0186】・  $c_{ip}(\xi)$  : パス候補  $i_p$  に流すフロー

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\xi) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi)$$

... (59)

【0190】リンク収容制約作成手段105 はパスフロー

を表す変数を  $\omega \in \Omega$  に依存しない変数  $c_{ip}(\xi)$  として定義する。

【0179】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105 を除いた各手段の動作は第11の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105 のみ説明する。

【0180】パスフロー保存制約作成手段104 はすべてのシナリオおよび状態において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(57)を作成する(図18のステップ1804)。

【0181】

【数57】

【0183】

【数58】

を表す変数を  $\omega \in \Omega$  に依存しない変数  $c_{ip}(\xi)$  として定義する。

【0187】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105 を除いた各手段の動作は第12の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段104 およびリンク収容制約作成手段105 のみ説明する。

【0188】パスフロー保存制約作成手段104 は、すべてのシナリオおよび状態において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(59)を作成する(図19のステップ1904)。

【0189】

【数59】

をリンクに収容するための次の制約式(60)を作成する(

図19のステップ1905)。

【0191】

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p}(\xi) \leq t(l\xi) \lambda d_l \quad (\forall l \in L, \forall \xi \in \Xi)$$

... (80)

【0192】本発明の第17の実施の形態を説明する。図20は本発明の第17の実施の形態における通信ネットワーク設計回路の構成例を示すブロック図である。最適化基準作成手段2001、満足度定義式作成手段2002、コスト上限制約作成手段2003、パスフロー保存制約作成手段2004、リンク収容制約作成手段2005、ノード収容制約作成手段2006、最適化手段2007から構成される。

【0193】続いて第17の実施の形態の説明で用いる記号について説明する。

【0194】まず、デマンドペアの要求容量に関する確率変数と、パスに関する変数を説明する。デマンドペア $p$ の要求容量を確率変数 $v_p$ と定義する。また、 $v_1, v_2, \dots, v_p$ の全標本空間を $\Omega$ と定義する。 $\Omega$ の要素 $\omega$ は各デマンドペアの要求容量の値の1つの実現を表しており、言い替えるとシナリオと呼ぶことができる。なお、以後の説明では $\omega$ をシナリオと呼ぶ。 $v_p$ もシナリオ $\omega \in \Omega$ の関数であるため、この関係を明確に示すために $v_p(\omega)$ と表現する。

【0195】デマンドペア $p$ のパス候補を $i_p$ と定義する。第17の実施の形態においてはパス候補 $i_p$ に流すフローを表す変数は $\omega \in \Omega$ の関数 $c_{i_p}(\omega)$ として表現される。

【0196】今説明した $v_p(\omega)$ 、 $c_{i_p}(\omega)$ も含めて記号を以下にまとめる。

【0197】・ $N$ : ノード集合。各要素を $n$ で表す。

・ $L$ : リンク集合。各要素を $l$ で表す。

・ $L(n)$ : ノード $n$ を通るリンクの集合。

・ $P$ : デマンドペアの集合。各要素を $p$ で表す。

・ $P(n)$ : ノード $n$ を始端もしくは終端とするデマンドペアの集合。

・ $p(\omega)$ : 事象 $\omega$ が発生する確率。

・ $I_p$ : デマンドペア $p$ のパス候補集合。各要素を $i_p$ で表す。

・ $I_p(l)$ : リンク $l$ を通るデマンドペア $p$ のパス候補

$$\text{Minimize } \sum_{\omega \in \Omega} p(\omega) \theta^{\min}(\omega)$$

... (81)

【0202】式(81)は満足度の期待値の最大化を意味する。

【0203】満足度定義式作成手段2002では満足度を定義する次の制約式(82)、(83)を作成する(図21のステッ

集合。

・ $\Omega$ : デマンドの要求容量 $v_1, v_2, \dots, v_p$ が定義される標本空間。各要素を $\omega$ として表す。

・ $w_l$ : リンクのコスト係数。

・ $\varepsilon$ : ノードのコスト係数。

・ $\lambda$ : リンク1ユニットの容量。

・ $\nu$ : ノード1ユニットの容量を表す。

・ $v_p(\omega)$ : デマンドペア $p$ の要求容量。確率変数。

・ $\beta$ : コストの上限。

・ $c_{i_p}(\omega)$ : デマンドペア $p$ のパス候補 $i_p$ に割り当てるフロー。変数。

・ $f_p(\omega)$ : シナリオ $\omega$ において、デマンドペア $p$ がパスに流すフローの合計。

・ $d_l$ : リンク $l$ に割り当てるユニット数。変数。

・ $e_n$ : ノード $n$ に割り当てるユニット数。変数。

【0198】図21は本発明の第17の実施の形態における通信ネットワーク設計方法を示すフローチャートであり、図22は本発明の第17の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。尚、図21及び図22に示す処理は本発明の第17の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0199】まず、入力データとして、ネットワークのトポロジー、デマンドペアの要求容量(確率変数)、それぞれのデマンドペアのパス候補、リンク/ノードのコスト係数、コストの上限を与える。

【0200】与えられたデータを元に最適化基準作成手段2001では次の目的関数(81)を作成する(図21のステップ2101、図22のステップ2201)。

【0201】

【数61】

プ2102、図22のステップ2202)。まず、各シナリオにおけるデマンドペアごとの満足度 $\theta_p(\omega)$ を定義する。

【0204】

【数62】

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \theta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (62)$$

【0205】

$$\theta_p(\omega) \leq 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega) \quad \dots (63)$$

【0206】式(62)、(63)は、次式(64)と同義である。

【数64】

【0207】

$$\theta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ f_p(\omega)/v_p(\omega) & \text{otherwise} \end{cases}$$

【0208】続いて、各シナリオの満足度  $\theta^{\min}(\omega)$  を次式(65)のように定義する。

【0209】

【数65】

$$\theta_p(\omega) \geq \theta^{\min}(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (64)

【0210】コスト上限制約作成手段2003はリンクとノードに関するコストの合計の上限値を定める制約式(66)を作成する(図21のステップ2103、図22のステップ220

3)。

【0211】

【数66】

$$\sum_{l \in L} w_l d_l + \varepsilon \sum_{n \in N} e_n \leq \beta$$

... (65)

【0212】パスフロー保存制約作成手段2004はすべてのシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をパス候補に分配するための次の制約式(67)を作

成する(図21のステップ2104、図22のステップ2104)。

【0213】

【数67】

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (66)

【0214】リンク収容制約作成手段2005はパスフローをリンクに収容するための次の制約式(68)を作成する(図21のステップ2105、図22のステップ2205)。

【0215】

【数68】

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p}(\omega) \leq \lambda d_l \quad (\forall l \in L, \forall \omega \in \Omega)$$

... (67)

【0216】ノード収容条件作成手段2006はパスフローおよびリンク容量をノードに収容するための制約式(69)を作成する(図21のステップ2106、図22のステップ220

6)。

【0217】

【数69】

$$\sum_{l \in L(n)} d_l + \sum_{p \in P(n)} f_p(\omega)/\lambda \leq v e_n \quad (\forall n \in N, \forall \omega \in \Omega)$$

... (69)

【0218】目的関数(61)および制約式(62), (63), (65), (66), (67), (68), (69)より数理計画問題が構成される。これを最適化手段2007においてこの数理計画問題を解き、各リンクの容量およびノードの容量を得る(図21のステップ2107、図22のステップ2207)。

【0219】図23は本発明の第18の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図23を参照して本発明の第18の実施の形態を説明する。尚、図23に示す処理は本発明の第18の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0220】ここで、第18の実施の形態の構成は本発明の第17の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は満足度に $\delta$ を用いる以外は第17の実施の形態と同様である。 $\delta$ については後に説明する。

【0221】本実施の形態において、満足度定義式作成手段2002を除いた各手段の動作は第17の実施の形態と等しいため説明を省略し、満足度定義式作成手段2002のみ説明する。

【0222】満足度定義式作成手段2002では満足度を定義する次の制約式(70), (71)を作成する(図23のステップ2302)。まず、各シナリオにおけるデマンドペアごとの満足度 $\delta_p(\omega)$ を定義する。

【0223】

【数70】

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \delta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (70)

【0224】

【数71】

$$\delta_p(\omega) = 0 \text{ or } 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (71)

【0225】式(70), (71)は、次式(72)と同義である。

【数72】

【0226】

$$\delta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

... (72)

【0227】続いて、各シナリオの満足度 $\delta^{\min}(\omega)$ を次式(73)のように定義する。

【0228】

【数73】

$$\delta_p(\omega) \geq \delta^{\min}(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (73)

【0229】図24は本発明の第19の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図24を参照して本発明の第19の実施の形態を説明する。尚、図24示す処理は本発明の第19の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行す

ことで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0230】ここで、第19の実施の形態の構成は本発明の第17の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第17の実施

の形態と同様である。

【0231】・ $c_{ip}$ : パス候補  $i_p$  に流すフローを表す変数を  $\omega \in \Omega$  に依存しない変数  $c_{ip}$  として定義する。

【0232】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段2004 およびリンク収容制約作成手段2005を除いた各手段の動作は第17の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段2004およびリ

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p} \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (74)

【0235】リンク収容制約作成手段2005はパスフローをリンクに収容するための次の制約式(75)を作成する(図24のステップ2405)。

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p} \leq \lambda d_l \quad (\forall l \in L)$$

... (75)

【0237】図25は本発明の第20の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図25を参照して本発明の第20の実施の形態を説明する。尚、図25に示す処理は本発明の第20の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0238】ここで、第20の実施の形態の構成は本発明の第17の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第18の実施の形態と同様である。

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p} \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (76)

【0243】リンク収容制約作成手段2005はパスフローをリンクに収容するための次の制約式(77)を作成する(図25のステップ2505)。

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(l)}} c_{i_p} \leq \lambda d_l \quad (\forall l \in L)$$

... (77)

【0245】図26は本発明の第21の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図26を参照して本発明の第21の実施の形態を説明する。尚、図26に示す処理は本発明の第21の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行

リンク収容制約作成手段2005のみ説明する。

【0233】パスフロー保存制約作成手段2004はすべてのシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(74)を作成する(図24のステップ2404)。

【0234】

【数74】

【0236】

【数75】

【0239】・ $c_{ip}$ : パス候補  $i_p$  に流すフローを表す変数を  $\omega \in \Omega$  に依存しない変数  $c_{ip}$  として定義する。

【0240】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段2004およびリンク収容制約作成手段2005を除いた各手段の動作は第18の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段2004およびリンク収容制約作成手段2005のみ説明する。

【0241】パスフロー保存制約作成手段2004はすべてのシナリオにおいて、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(76)を作成する(図25のステップ2504)。

【0242】

【数76】

【0244】

【数77】

することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0246】ここで、第21の実施の形態の構成は本発明の第17の実施の形態と同様である。

【0247】続いて第21の実施の形態の説明で用いる記

号について説明する。

【0248】まず、デマンドペアの要求容量に関する確率変数と、パスに関する変数を説明する。デマンドペア  $p$  の要求容量を確率変数  $v_p$  と定義する。また、 $v_1, v_2, \dots, v_p$  の全標本空間を  $\Omega$  と定義する。 $\Omega$  の要素  $\omega$  は各デマンドペアの要求容量の値の1つの実現を表しており、言い替えるとシナリオと呼ぶことができる。要素  $\omega$  としては、例えば、曜日、時間帯等が考えられる。なお、以後の説明では  $\omega$  をシナリオと呼ぶ。 $v_p$  はシナリオ  $\omega \in \Omega$  の関数であるため、この関係を明確に示すために  $v_p(\omega)$  と表現する。

【0249】また、ネットワークの上の各リンクが障害であるか正常であるかにより表される状態（もしくはネットワーク状態）を定義し、これを記号  $\xi \in \Xi$  で表す。

【0250】続いて、デマンドペア  $p$  のパス候補を  $i_p$  と定義する。第21の実施の形態においてはパス候補  $i_p$  に流すフローを表す変数は、 $\omega \in \Omega$  および  $\xi \in \Xi$  の関数  $c_{ip}(\omega, \xi)$  として表現される。

【0251】ここで説明した  $v_p(\omega)$ ,  $c_{ip}(\omega, \xi)$  も含めて記号を以下にまとめる。

- 【0252】・  $N$ : ノード集合。各要素を  $n$  で表す。
- ・  $L$ : リンク集合。各要素を  $l$  で表す。
- ・  $L(n)$ : ノード  $n$  を通るリンクの集合。
- ・  $P$ : デマンドペアの集合。各要素を  $p$  で表す。
- ・  $P(n)$ : ノード  $n$  を始端もしくは終端とするデマンドペアの集合。
- ・  $p(\omega)$ : 事象  $\omega$  が発生する確率。
- ・  $I_p$ : デマンドペア  $p$  のパス候補集合。各要素を  $i_p$  で表す。
- ・  $I_p(l)$ : リンク  $l$  を通るデマンドペア  $p$  のパス候補集合。
- ・  $\Omega$ : デマンドの要求容量  $v_1, v_2, \dots, v_p$  が定義される標本空間。各要素を  $\omega$  として表す。

$$\text{Minimize } \sum_{\omega \in \Omega} p(\omega) \theta^{min}(\omega)$$

... (78)

【0256】式(78)は満足度の期待値の最大化を意味する。

【0257】満足度定義式作成手段2002では満足度を定義する次の制約式(79)、(80)を作成する（図26のステッ

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \theta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (79)

【0259】

$$\theta_p(\omega) \leq 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (80)

【0260】式(79)、(80)は、次式(81)と同義である。

- ・  $\Xi$ : ネットワーク状態の集合。各要素を  $\xi$  で表す。
- ・  $w_l$ : リンク  $l$  のコスト係数。
- ・  $\epsilon$ : ノードのコスト係数。
- ・  $\lambda$ : リンク1ユニットの容量。
- ・  $\nu$ : ノード1ユニットの容量。
- ・  $t(l, \xi)$ : リンク  $l$  が状態  $\xi$  において正常な場合1をとり、障害の場合0をとる定数。
- ・  $v_p(\omega)$ : デマンドペア  $p$  の要求容量。確率変数。
- ・  $\beta$ : コストの上限。
- ・  $c_{ip}(\omega, \xi)$ : シナリオ  $\omega$ 、状態  $\xi$  においてデマンドペア  $p$  のパス候補  $i_p$  に割り当てるフロー。変数。
- ・  $f_p(\omega)$ : シナリオ  $\omega$  においてデマンドペア  $p$  がパスフローに流す容量の合計。
- ・  $d_l$ : リンク  $l$  に割り当てるユニット数。変数。
- ・  $e_n$ : ノード  $n$  に割り当てるユニット数。変数。

【0253】図26は本発明の第21の実施の形態における通信ネットワーク設計方法を示すフローチャートであり、図26は本発明の第21の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。尚、図26に示す処理は本発明の第21の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM（リードオンリメモリ）等を用いることができる。

【0254】まず、入力データとして、ネットワークのトポロジー、デマンドペアの要求容量（確率変数）、それぞれのデマンドペアのパス候補、リンク/ノードのコスト係数、コストの上限、想定するネットワーク状態を与える。与えられたデータを元に最適化基準作成手段2001では次の目的関数を作成する（図26のステップ2601）

【0255】

【数78】

プ2602)。まず、各シナリオにおけるデマンドペアごとの満足度  $\theta_p(\omega)$  を定義する。

【0258】

【数79】

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \theta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (79)

【数80】

$$\theta_p(\omega) \leq 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (80)

【0261】



【数81】

$$\theta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ f_p(\omega)/v_p(\omega) & \text{otherwise} \end{cases}$$

... (81)

【0262】続いて、各シナリオの満足度  $\theta^{\min}(\omega)$  を次式(82)のように定義する。

【0263】

【数82】

$$\theta_p(\omega) \geq \theta^{\min}(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (82)

【0264】コスト上限制約作成手段2003は、リンクとノードに関するコストの合計の上限値を定める制約式(83)を作成する(図26のステップ2603)。

【0265】

【数83】

$$\sum_{l \in L} w_l d_l + \varepsilon \sum_{n \in N} e_n \leq \beta$$

... (83)

【0266】パスフロー保存制約作成手段2004は、すべてのシナリオおよび状態において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をパス候補に分配するための次の

制約式(84)を作成する(図26のステップ2604)。

【0267】

【数84】

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\omega, \xi) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi)$$

... (84)

【0268】リンク収容制約作成手段2005は、パスフローをリンクに収容するための次の制約式(85)を作成する(図26のステップ2605)。

【0269】

【数85】

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\omega, \xi) \leq t(l\xi) \lambda d_l \quad (\forall l \in L, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi)$$

... (85)

【0270】ノード収容条件作成手段2006は、パスフローおよびリンク容量をノードに収容するための制約式(86)を作成する(図26のステップ2606)。

【0271】

【数86】

$$\sum_{l \in L(n)} d_l + \sum_{p \in P(n)} f_p(\omega)/\lambda \leq v e_n \quad (\forall n \in N, \forall \omega \in \Omega)$$

... (86)

【0272】目的関数(78)および制約式(79), (80), (82), (83), (84), (85), (86)より数理計画問題が構成される。これを最適化手段2007においてこの数理計画問題を解き、各リンクの容量およびノードの容量を得る(図26のステップ2607)。

【0273】図27は本発明の第22の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフロー

チャートである。この図27を参照して本発明の第22の実施の形態を説明する。尚、図27に示す処理は本発明の第22の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0274】ここで、第22の実施の形態の構成は本発明の第17の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は満足度 $\delta$ を用いる以外は第21の実施の形態と同様である。 $\delta$ については後に説明する。

【0275】本実施の形態において、満足度定義式作成手段2002を除いた各手段の動作は第21の実施の形態と等しいため説明を省略し、満足度定義式作成手段2002のみ

$$f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq \delta_p(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (87)

【0278】

$$\delta_p(\omega) = 0 \text{ or } 1 \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (88)

【0279】式(87)、(88)は、次式(89)と同義である。

【数89】

【0280】

$$\delta_p(\omega) = \begin{cases} 1 & f_p(\omega)/v_p(\omega) \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

... (89)

【0281】続いて、各シナリオの満足度 $\delta^{\min}(\omega)$ を次式(90)のように定義する。

【0282】

【数90】

$$\delta_p(\omega) \geq \delta^{\min}(\omega) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

... (90)

【0283】図28は本発明の第23の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。尚、図28に示す処理は本発明の第23の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0284】ここで、第23の実施の形態の構成は本発明の第17の実施の形態と同様である。また、本実施の形態の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第21の実施の形態と同様である。

【0285】 $c_{ip}(\xi)$ ：状態 $\xi$ においてデマンドベ

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\xi) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi)$$

... (91)

【0289】リンク収容制約作成手段2005はパスフローをリンクに収容するための次の制約式(92)を作成する

説明する。

【0276】満足度定義式作成手段2002では満足度を定義する次の制約式(87)、(88)を作成する(図27のステップ2702)。まず、各シナリオにおけるデマンドペアごとの満足度 $\delta_p(\omega)$ を定義する。

【0277】

【数87】

$$(\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

【数88】

$$(\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega)$$

【数89】

【0282】

【数90】

ア $p$ のバス候補 $i_p$ に割り当てるフロー。変数。

【0286】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段2004およびリンク収容制約作成手段2005を除いた各手段の動作は第21の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段2004およびリンク収容制約作成手段2005のみ説明する。

【0287】パスフロー保存制約作成手段2004はすべてのシナリオおよび状態において、デマンドペアごとに、パスフローの合計をシナリオに依存しないバス候補に分配するための次の制約式(91)を作成する(図28のステップ2804)。

【0288】

【数91】

(図28のステップ2805)。

【0290】

【数 9 2】

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(j)}} c_{i_p}(\xi) \leq t(l\xi) \lambda d_l \quad (\forall l \in L, \forall \xi \in \Xi) \quad \dots (92)$$

【0291】図29は本発明の第24の実施の形態における通信ネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。この図29を参照して本発明の第24の実施の形態を説明する。尚、図29に示す処理は本発明の第24の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の各手段が図示せぬ制御メモリに記録されたプログラムを実行することで実現され、制御メモリとしてはフロッピーディスクやROM(リードオンリメモリ)等を用いることができる。

【0292】ここで、第24の実施の形態の構成は本発明の第17の実施の形態と同様であり、また、本実施の形態の説明で用いる記号は次に示す記号を除いて第22の実施の形態と同様である。

【0293】 $c_{ip}(\xi)$  : パス候補  $i_p$  に流すフロー

$$f_p(\omega) \leq \sum_{i_p \in I_p} c_{i_p}(\xi) \quad (\forall p \in P, \forall \omega \in \Omega, \forall \xi \in \Xi) \quad \dots (93)$$

【0297】リンク収容制約作成手段2005はパスフローをリンクに収容するための次の制約式(94)を作成する(図29のステップ2905)。

$$\sum_{p \in P} \sum_{i_p \in I_p^{(j)}} c_{i_p}(\xi) \leq t(l\xi) \lambda d_l \quad (\forall l \in L, \forall \xi \in \Xi) \quad \dots (94)$$

【0299】図30は、図1、図20に示した通信ネットワーク設計回路を実現するハードウェア構成例を示したブロック図であり、コンピュータCと、記録媒体Kとから構成されている。記録媒体Kは、ディスク、半導体メモリ、その他の記録媒体であり、コンピュータCを通信ネットワーク設計回路として動作させるためのネットワーク設計制御プログラムが記録されている。

【0300】図1に示した通信ネットワーク設計回路を実現する場合には、記録媒体Kに記録されているネットワーク設計制御プログラムは、コンピュータCによって読み取られ、コンピュータCの動作を制御することにより、コンピュータC上に、最適化基準作成手段101、満足度定義式作成手段102、期待値下限制約作成手段103、パスフロー保存制約作成手段104、リンク収容制約作成手段105、ノード収容制約作成手段106、最適化手段107を実現する。

【0301】また、図20に示した通信ネットワーク設計回路を実現する場合には、記録媒体Kに記録されているネットワーク設計制御プログラムは、コンピュータC

を表す変数を  $\omega \in \Omega$  に依存しない変数  $c_{ip}(\xi)$  として定義する。

【0294】本実施の形態において、パスフロー保存制約作成手段2004およびリンク収容制約作成手段2005を除いた各手段の動作は第22の実施の形態と等しいため説明を省略し、パスフロー保存制約作成手段2004およびリンク収容制約作成手段2005のみ説明する。

【0295】パスフロー保存制約作成手段2004は、パスフローの合計をシナリオに依存しないパス候補に分配するための次の制約式(93)を作成する(図29のステップ2904)。

【0296】

【数 9 3】

【0298】

【数 9 4】

によって読み取られ、コンピュータCの動作を制御することにより、コンピュータC上に、最適化基準作成手段2001、満足度定義式作成手段2002、コスト上限制約作成手段2003、パスフロー保存制約作成手段2004、リンク収容制約作成手段2005、ノード収容制約作成手段2006、最適化手段2007を実現する。

【0302】

【発明の効果】本発明の第1の効果は、トラフィックパターンがある程度変化しても収容でき、かつコストを安くするネットワークを設計できることである。その理由は確率分布に従うデマンドに対して、要求された満足度の期待値を満たした上で、コスト最小となるネットワークを設計するためである。

【0303】第2の効果は、コストを抑えながら、トラフィックパターンの変化に強いネットワークを設計できることである。その理由は、要求されたコストの上限以内で満足度が最大となるネットワークを設計するためである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態で設計するネットワークの例を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態によるネットワーク設計方法を示すフローチャートである。

【図4】本発明の第1の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第2の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図6】本発明の第3の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第4の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図8】本発明の第5の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第6の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図10】本発明の第7の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図11】本発明の第8の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図12】本発明の第9の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図13】本発明の第10の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図14】本発明の第11の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図15】本発明の第12の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図16】本発明の第13の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図17】本発明の第14の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図18】本発明の第15の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図19】本発明の第16の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図20】本発明の第17の実施の形態による通信ネットワーク設計回路の構成を示すブロック図である。

【図21】本発明の第17の実施の形態によるネットワーク設計方法を示すフローチャートである。

【図22】本発明の第17の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図23】本発明の第18の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図24】本発明の第19の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図25】本発明の第20の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図26】本発明の第21の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図27】本発明の第22の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図28】本発明の第23の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図29】本発明の第24の実施の形態によるネットワーク設計方法の詳細な処理例を示すフローチャートである。

【図30】通信ネットワーク設計回路のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図31】従来のネットワーク設計法の一例を示すブロック図である。

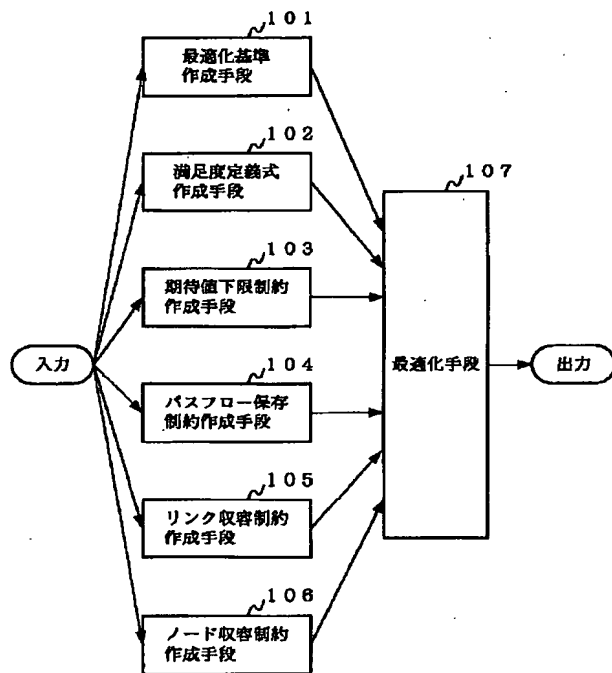
#### 【符号の説明】

- 101 …最適化基準作成手段
- 102 …満足度定義式作成手段
- 103 …期待値下限制約作成手段
- 104 …パスフロー保存制約作成手段
- 105 …リンク収容制約作成手段
- 106 …ノード収容制約作成手段
- 107 …最適化手段
- 201 ~ 205 …ノード
- 206 ~ 213 …リンク
- 214 ~ 217 …パス
- 2001…最適化基準作成手段
- 2002…満足度定義式作成手段
- 2003…コスト上限制約作成手段
- 2004…パスフロー保存制約作成手段
- 2005…リンク収容制約作成手段
- 2006…ノード収容制約作成手段
- 2007…最適化手段
- 3001…最適化基準作成手段
- 3002…パス収容条件作成手段

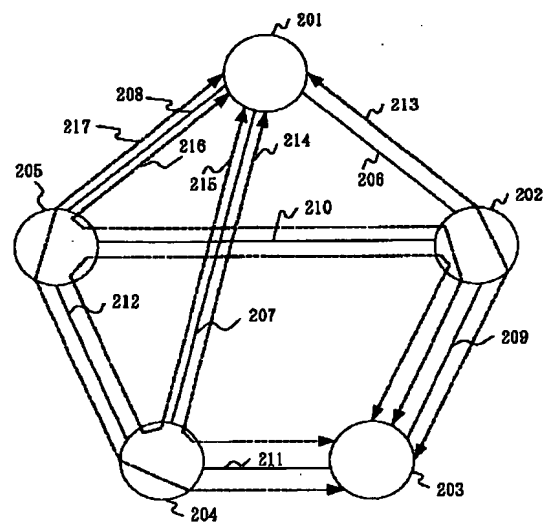
3003…リンク収容条件作成手段

3004…最適化手段

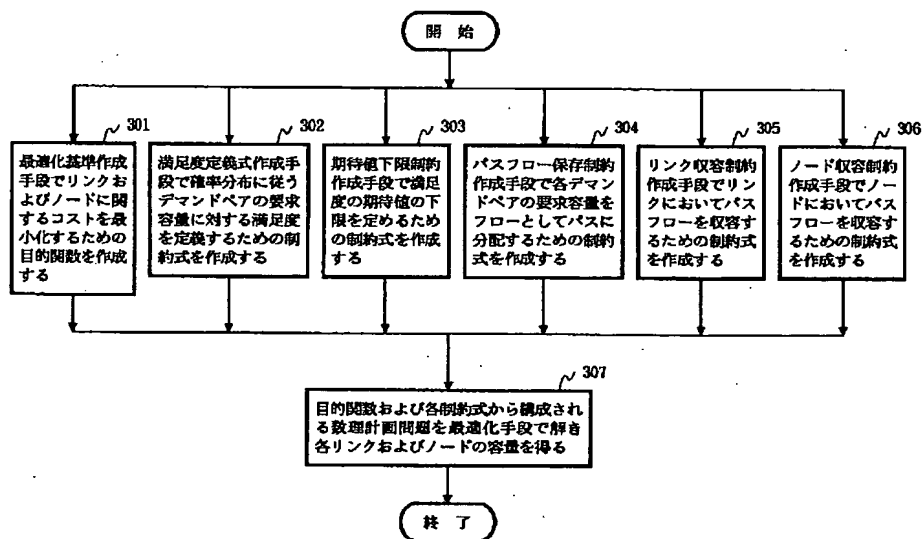
【図1】



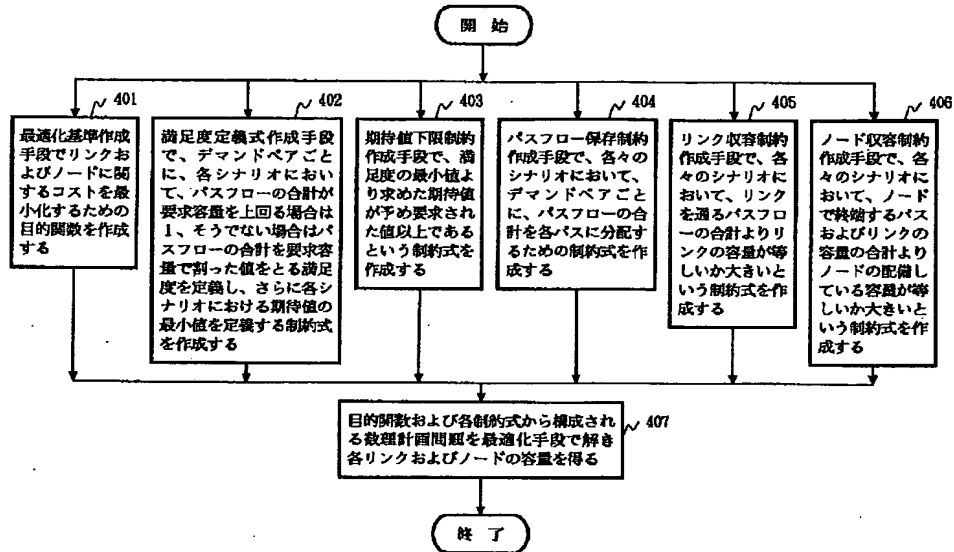
【図2】



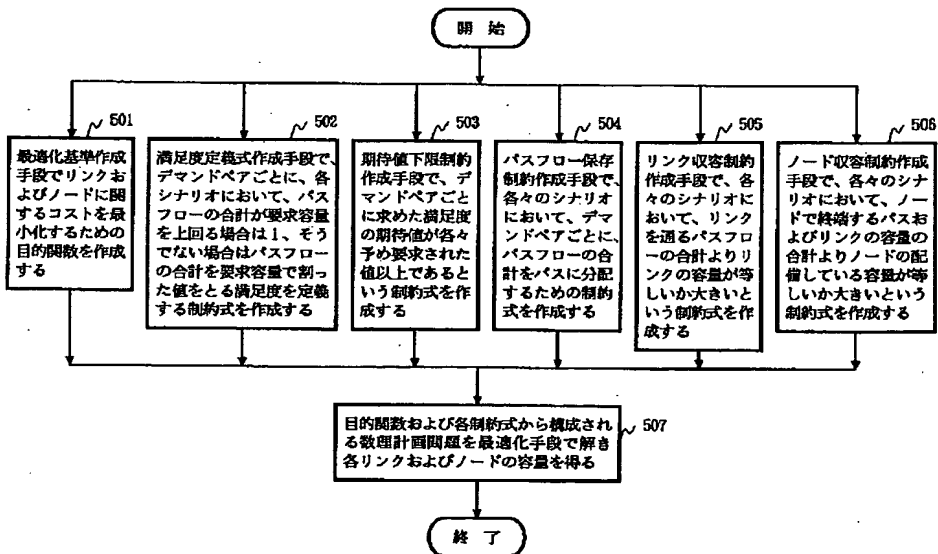
【図3】



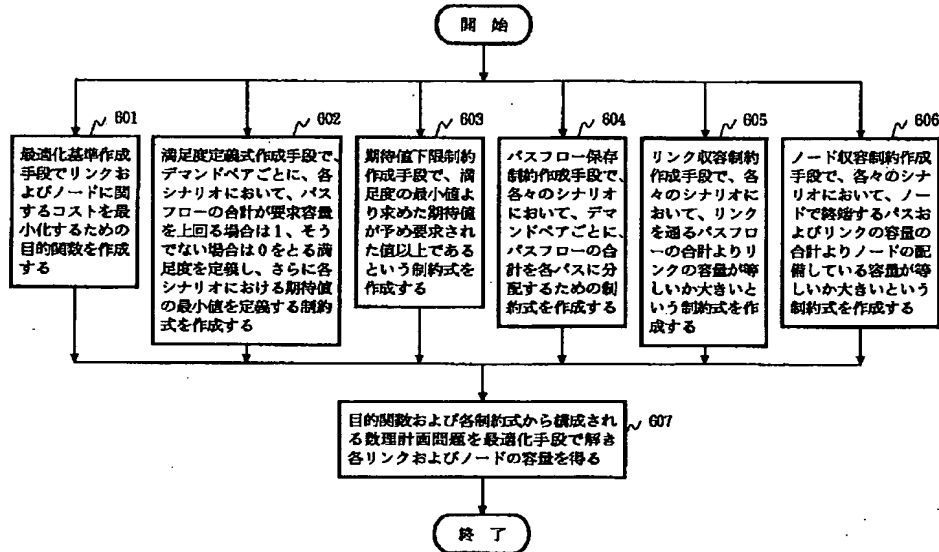
【図4】



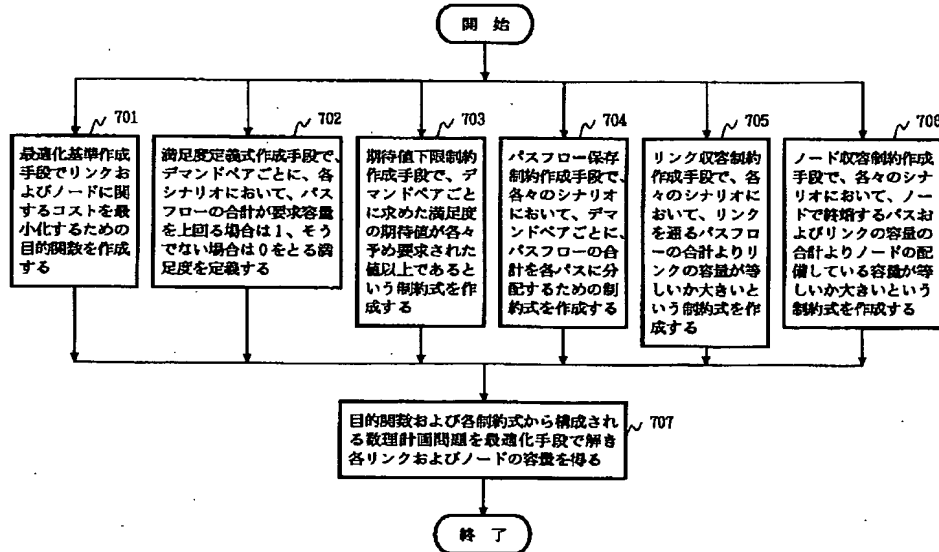
【図5】



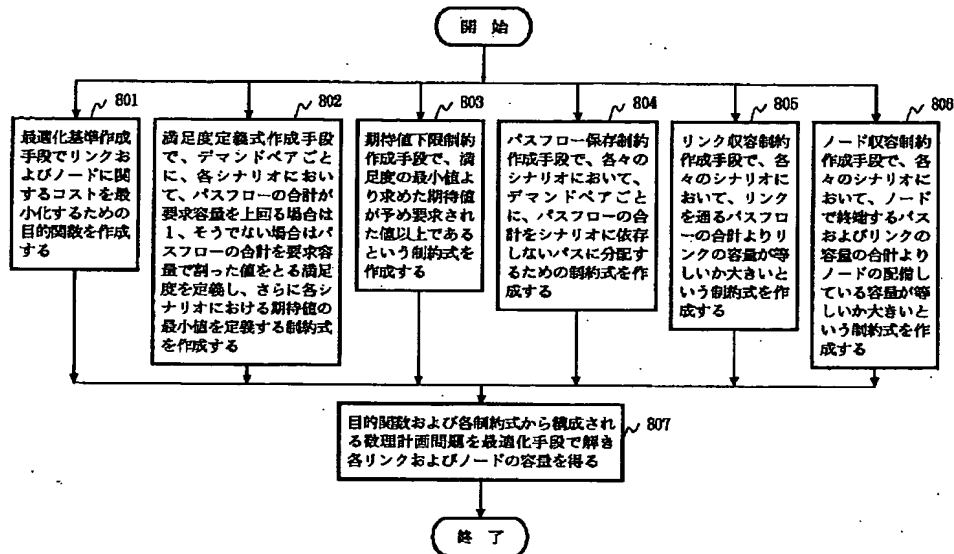
【図6】



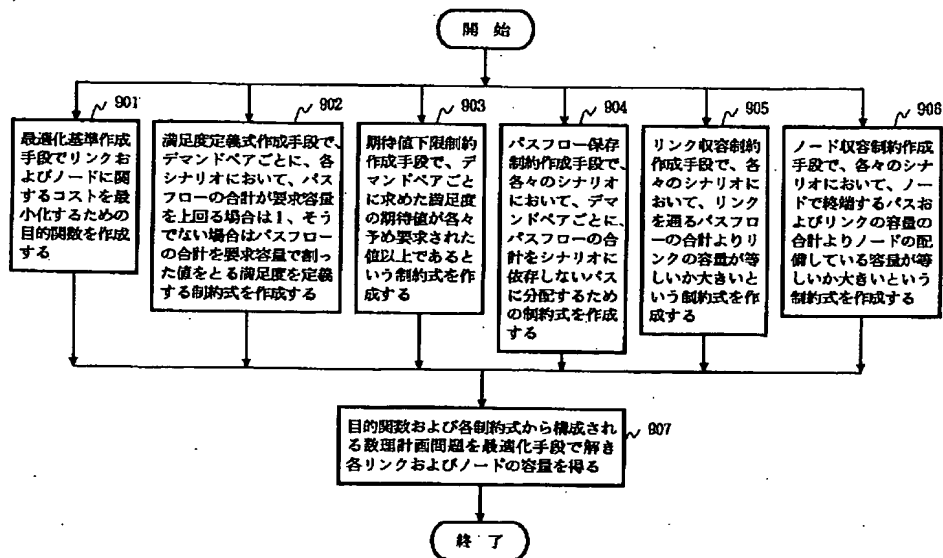
【図7】



【図 8】

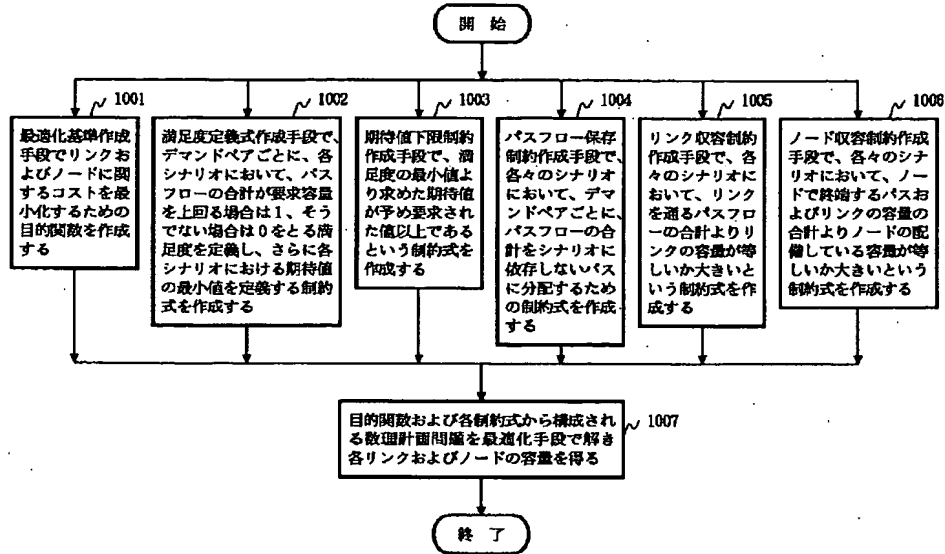


【図 9】

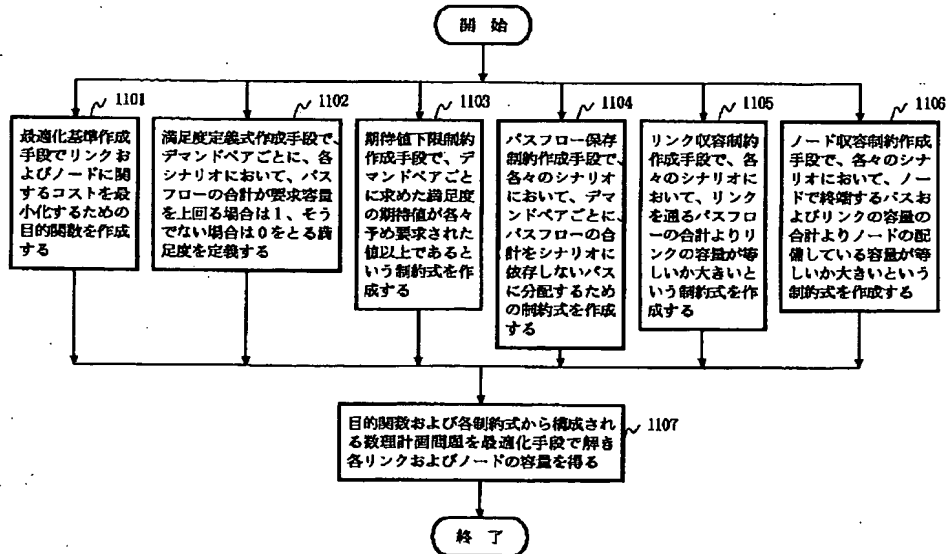




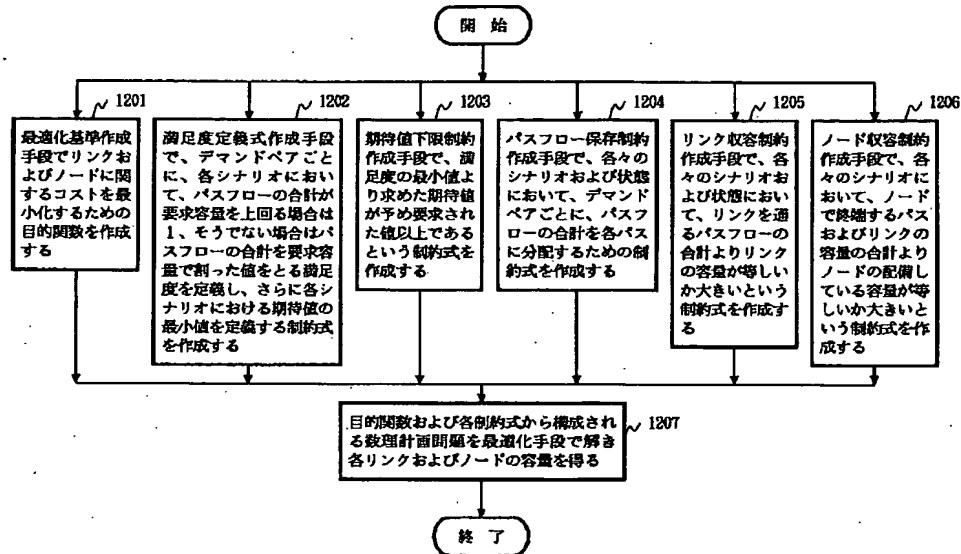
【図10】



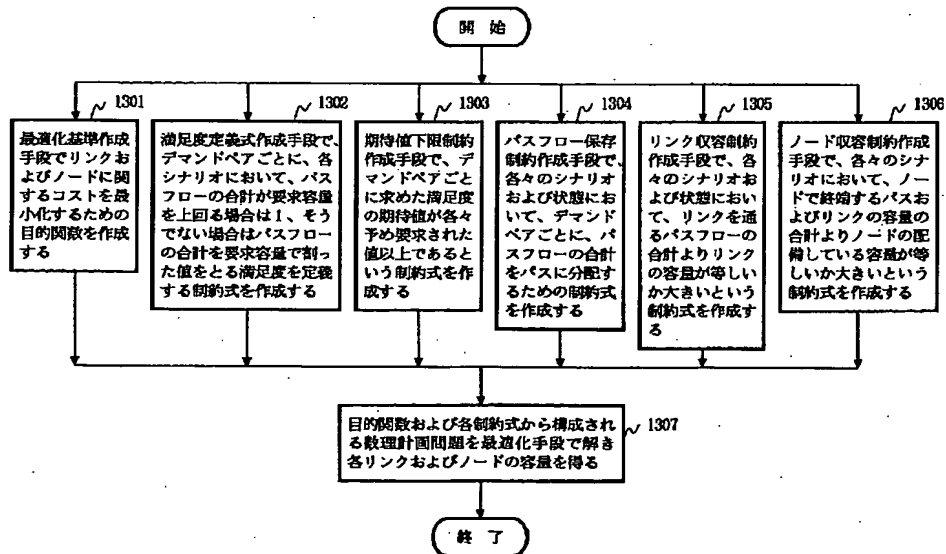
【図11】



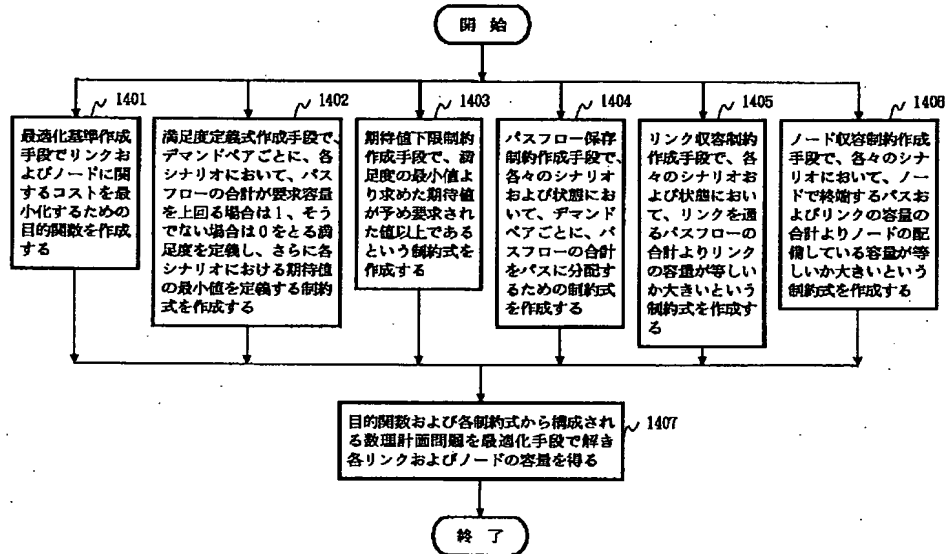
【図 12】



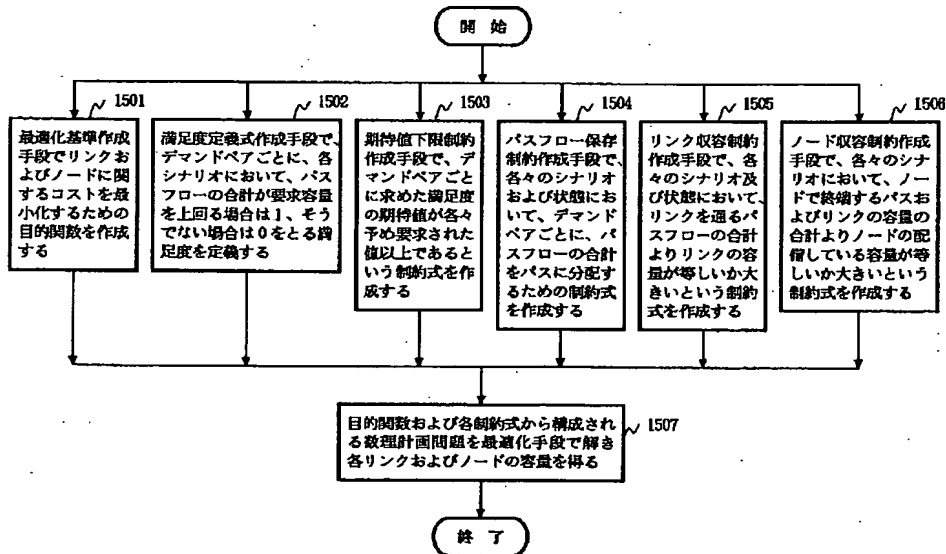
【図 13】



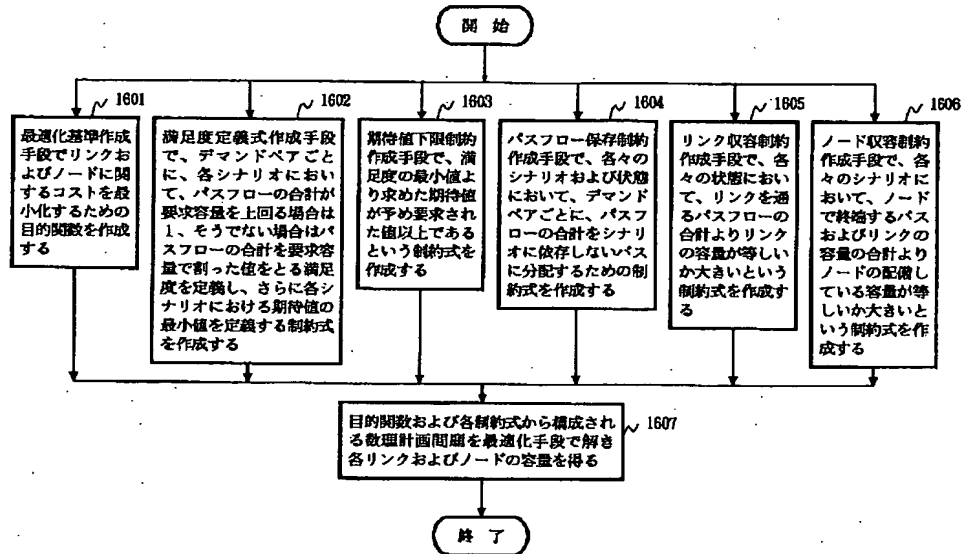
【図14】



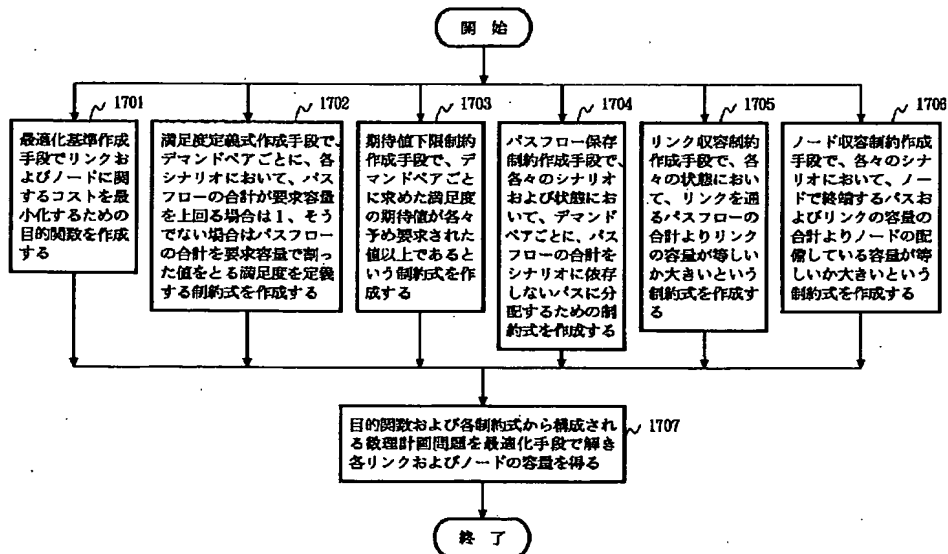
【図15】



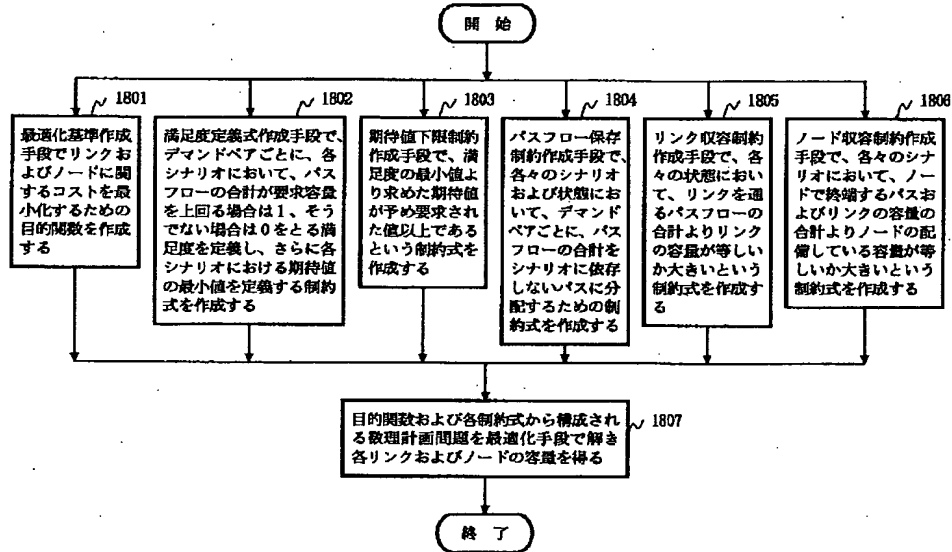
【図 16】



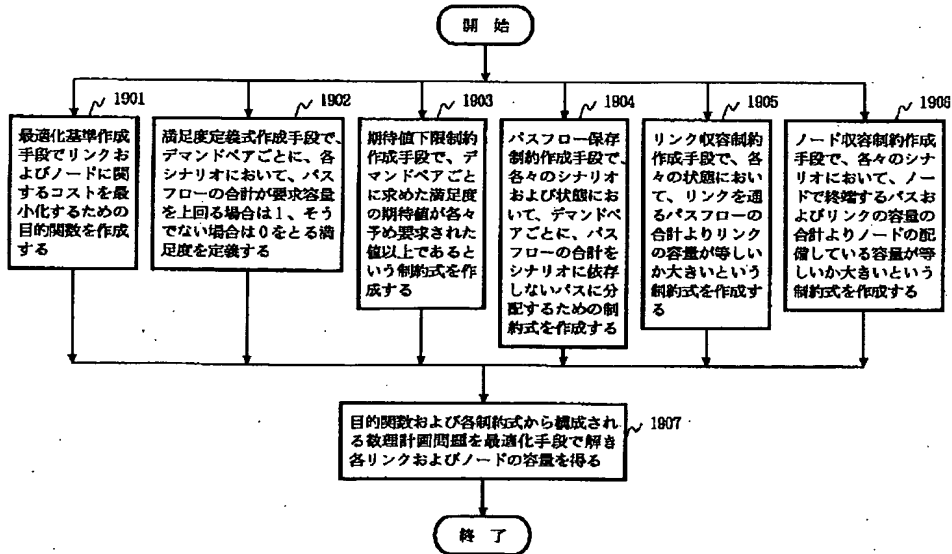
【図 17】



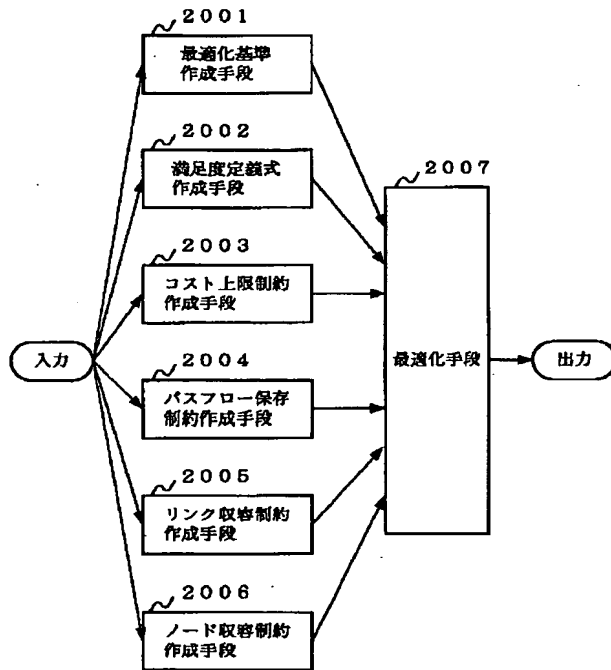
【図 18】



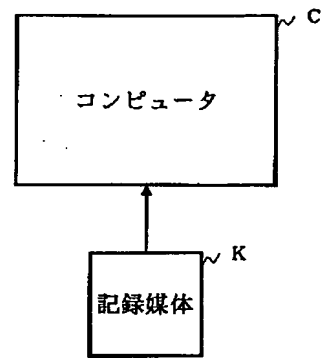
【図 19】



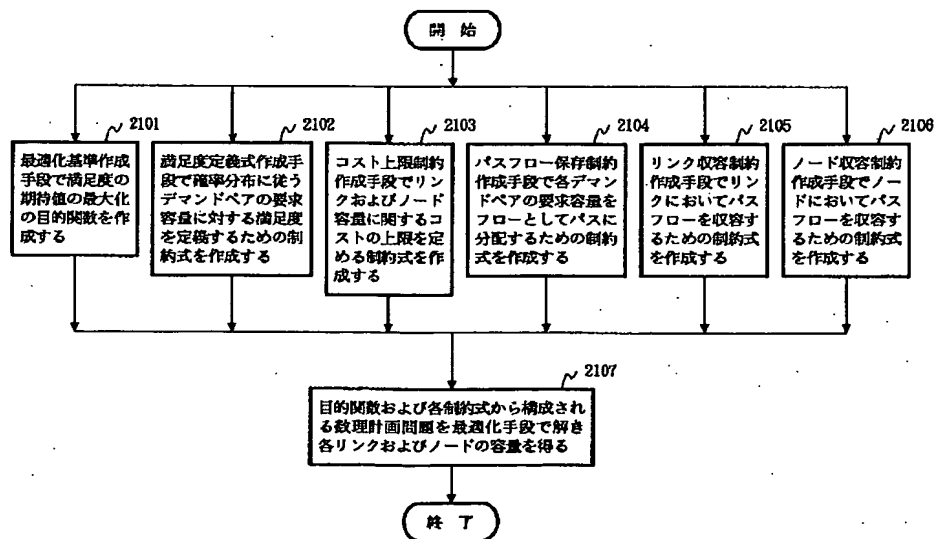
【図20】



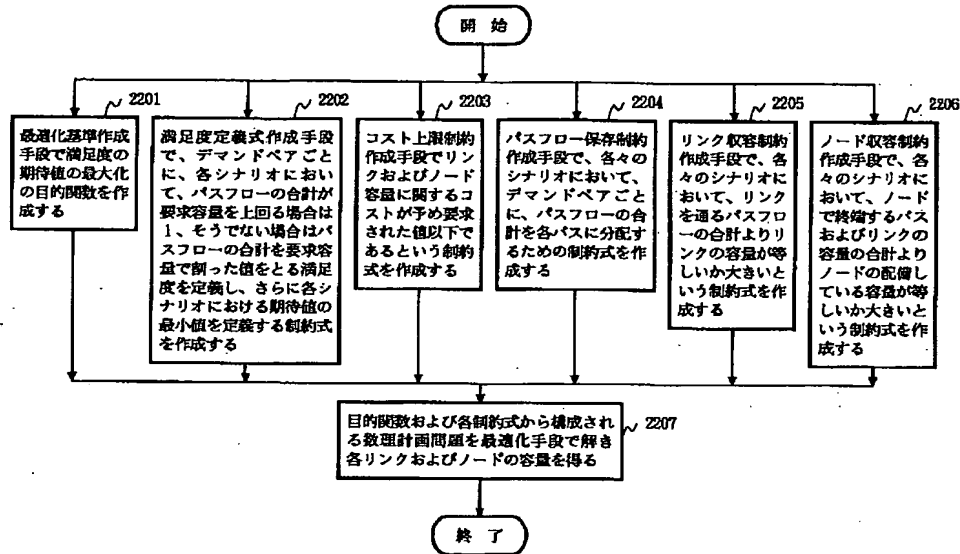
【図30】



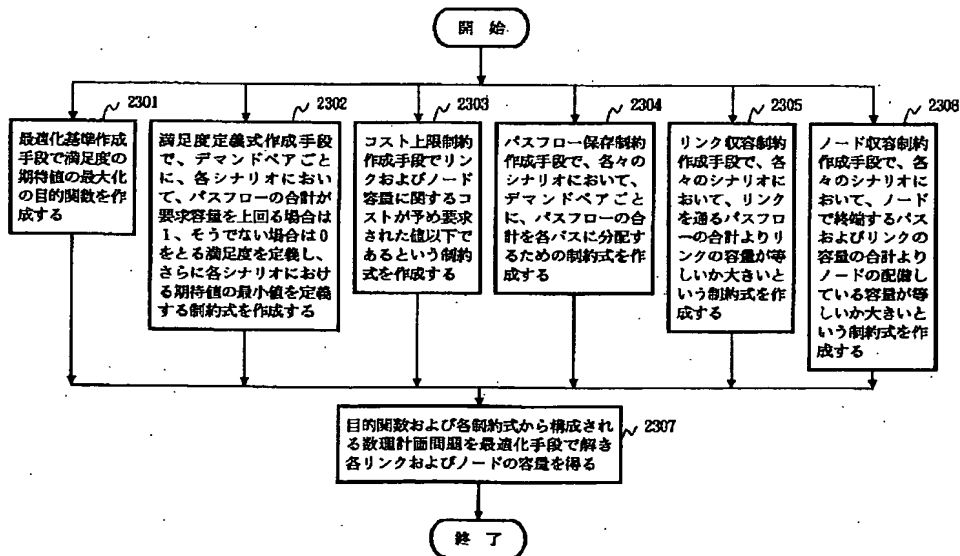
【図21】



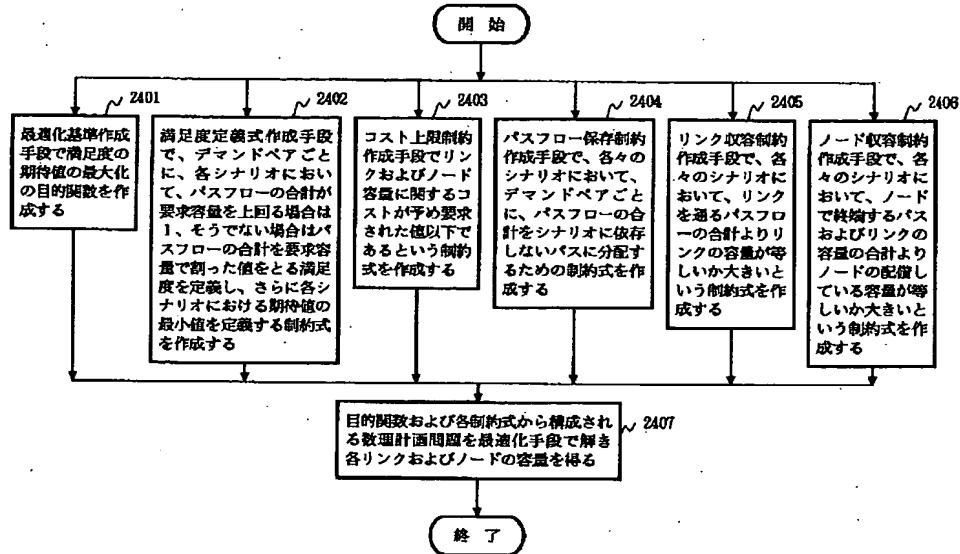
【図 2 2】



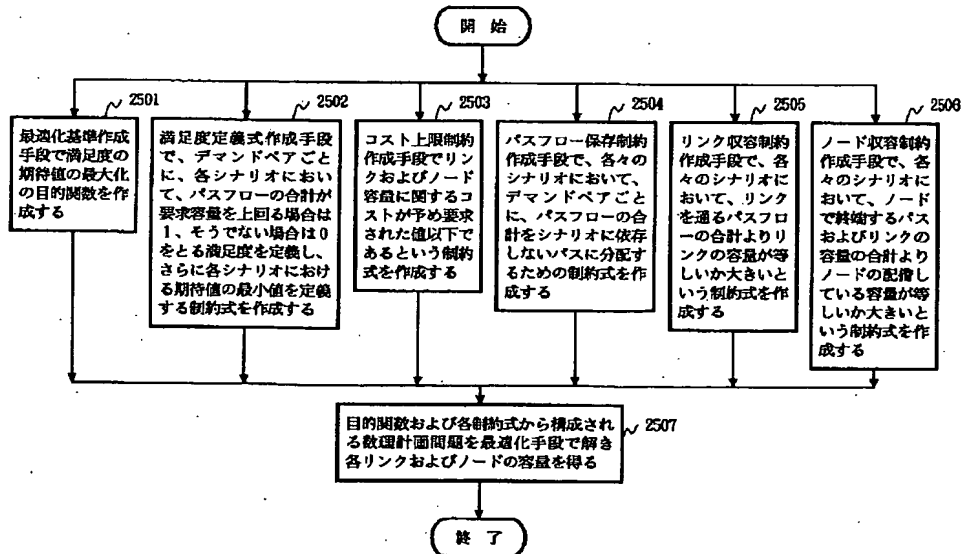
【図 2 3】



【図 24】

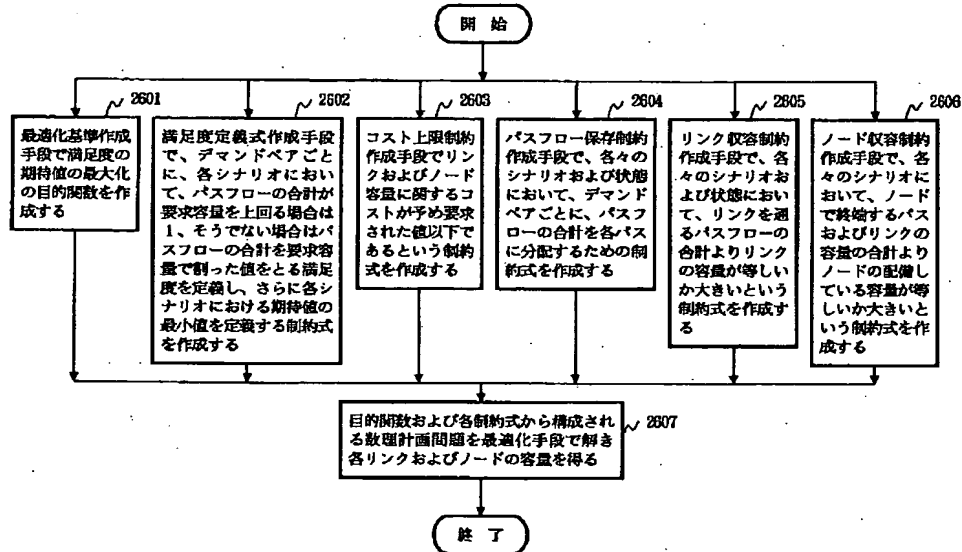


【図 25】

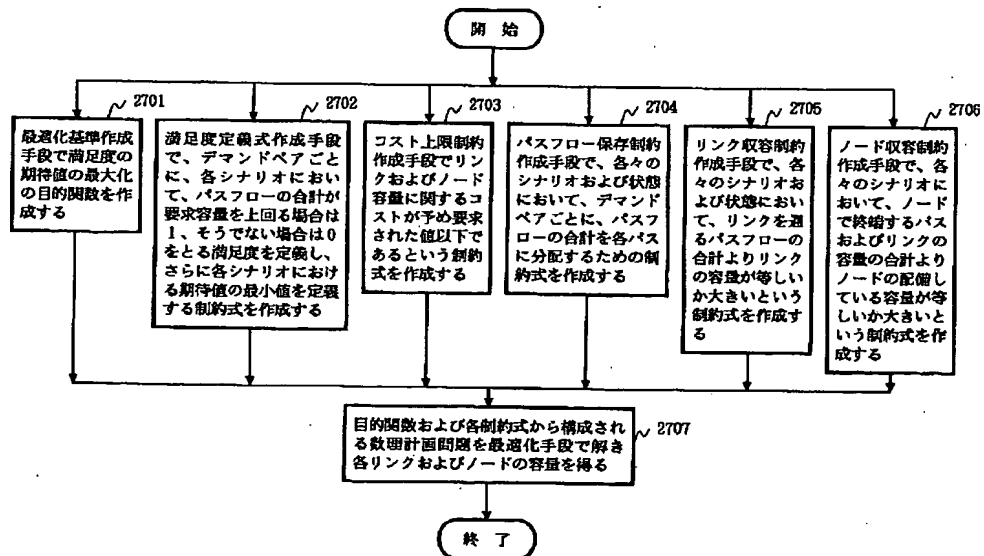




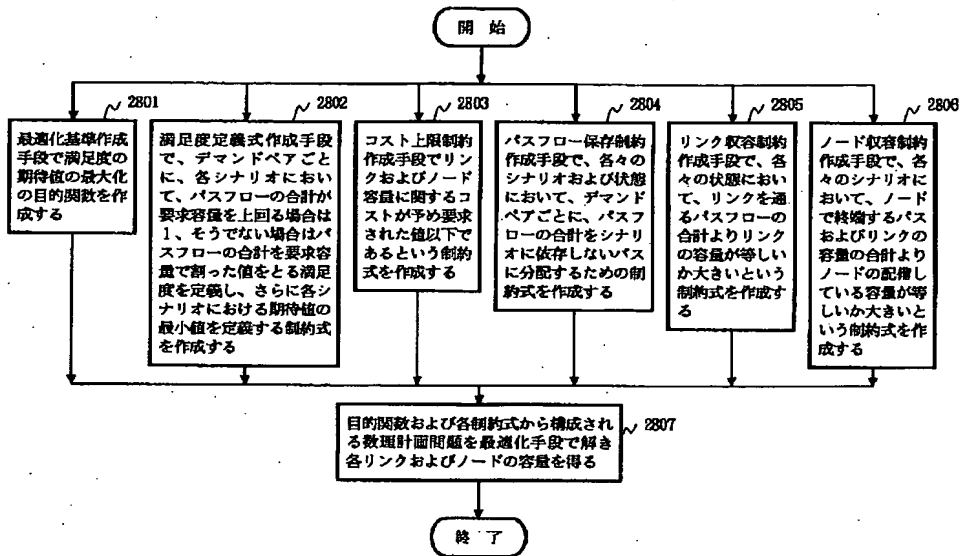
【図 26】



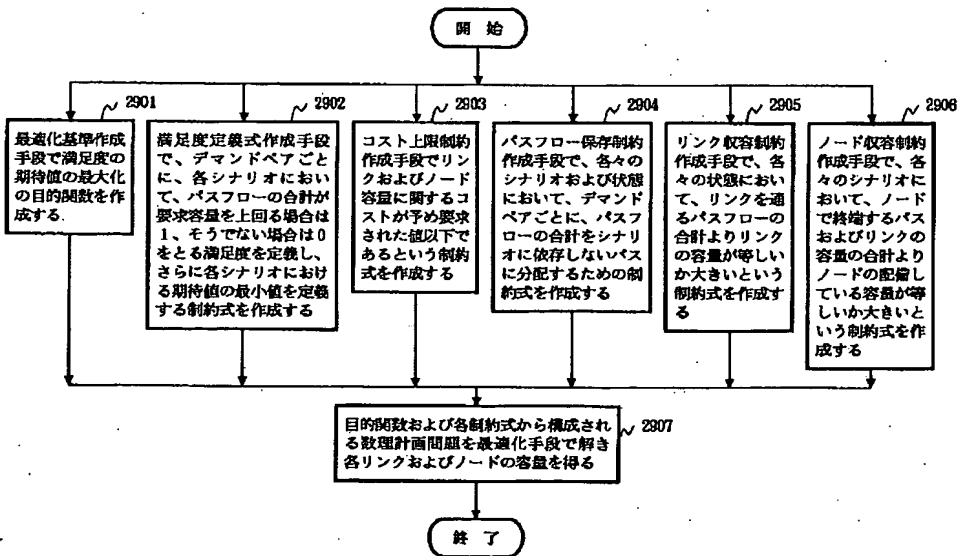
【図 27】



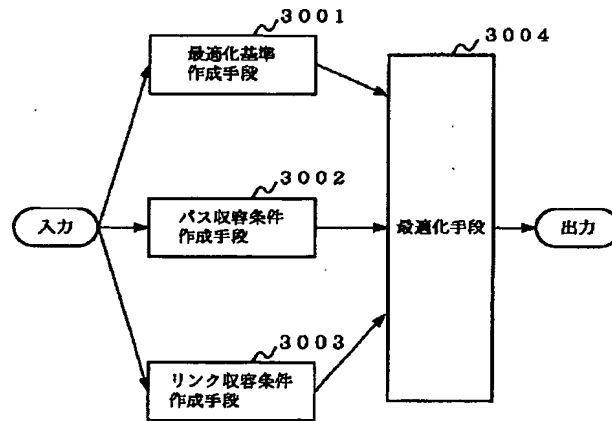
【図 28】



【図 29】



【図 31】



---

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7  
H04Q 3/00

識別記号

F I

マークシート (参考)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**